COMPTE RENDU
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 FÉVRIER 1870.

PRÉSIDENCE DE M. LIOUVILLE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ÉLECTRO-CHIMIE. — *Mémoire sur la production des courants électro-capillaires dans les os, les nerfs et le cerveau; par* **M. Becquerel** (Extrait.)

« Je suis revenu dans ce Mémoire sur le courant osseux, qui contribue à la nutrition du tissu auquel il appartient. Les nouveaux résultats que j'ai obtenus montrent que ce courant persévère encore pendant un temps plus ou moins prolongé, après que la vie a cessé.

» J'expose ensuite le commencement de mes recherches électro-capillaires sur l'encéphale et le système nerveux en général.

» Un courant osseux est obtenu avec un os, dans l'intérieur duquel on introduit une lame de platine dépolarisée et dont la surface est recouverte d'une lame semblable, le tout plongeant dans de l'eau distillée. Ce courant remplace les courants partiels qui ont lieu dans les espaces capillaires, comme je l'ai prouvé dans mon précédent Mémoire, ce qui permet d'en déterminer la forme électromotrice, dont l'intensité est en rapport avec l'action chimique produite.

» Quatre fémurs de moutons nouvellement tués, soumis à l'expérience pendant plus d'un mois, ont donné des forces électromotrices présentant peu de différence dans leur intensité. Cette force est à peu près le quart de celle d'un couple à acide nitrique; ne peut-on pas en tirer la conséquence vraisemblable, qu'une partie des phénomènes de nutrition des os

qui ont lieu durant la vie se reproduisent encore pendant quelque temps quand elle a cessé, aux dépens de la matière organique de l'os, mais avec cette différence toutefois que, dans le premier cas, les parties enlevées sont remplacées par l'effet de la circulation du sang?

» Les courants électro-capillaires, dans la nature organique, ne proviennent pas de la réaction directe de l'oxygène transporté par le sang artériel, dans les capillaires, sur les parties constituantes de la matière organique, qui n'est pas conductrice de l'électricité, mais bien de la force électromotrice résultant du contact du liquide tenant en dissolution les composés résultant de cette réaction et du liquide ambiant.

» J'ai été conduit ainsi à déterminer la force électromotrice qui est produite au contact de l'eau et d'un corps solide, non conducteur de l'électricité, considéré comme insoluble, et qui ne l'est cependant pas tout à fait. Ce courant est dû à une action chimique tellement faible quelquefois, que l'on ne peut s'en faire une idée; en effet, j'ai trouvé anciennement, par une méthode assez précise, qu'il fallait vingt mille charges d'une batterie électrique de 1 mètre de surface chargée, de manière à donner des étincelles à une distance de 11 millimètres, pour décomposer 1 milligramme d'eau; cette quantité serait capable de produire les effets de la foudre. Faraday et d'autres physiciens, en employant d'autres méthodes que celle dont j'ai fait usage, ont obtenu des nombres qui en approchent en plus ou en moins. Or, quand on songe que la décharge, dans l'eau distillée, au moyen de deux lames de platine, de l'électricité produite par le frottement d'un bâton de gomme laque, laquelle n'est qu'une fraction excessivement minime de la charge de la batterie de 20000 mètres carrés de surface armée, que cette décharge, dis-je, suffit pour polariser ces lames, par l'effet de la décomposition instantanée d'une quantité d'eau inappréciable, on concevra facilement qu'une action chimique excessivement faible, produite au contact de deux liquides, ou d'un solide et d'un liquide, peut avoir lieu et être accusée par le galvanomètre. On voit par là que de petits corpuscules déposés par l'air sur une des deux lames de platine, avant de la plonger dans l'eau, suffisent pour la polariser, par suite de la réaction de ces corpuscules sur l'eau. J'en citerai plus loin plusieurs exemples.

» J'ai commencé par chercher la force électromotrice de deux liquides en contact, en faisant usage, pour cloison séparatrice, de la fêlure d'un tube de verre. Les résultats obtenus ont montré que les dissolutions parfaitement neutres de sulfate de potasse, de sulfate d'ammoniaque, de chlorure de sodium et de nitrate de potasse sont négatives dans leur contact avec l'eau distillée; que les sulfates donnent une force électromotrice avec l'eau

distillée, qui est trois fois plus forte que celle résultant du contact de l'eau avec la dissolution de nitrate de potasse ou de chlorure de sodium. La force électromotrice change avec le degré de saturation des dissolutions; ainsi une dissolution de potasse caustique à la densité de 1,215, au contact de l'eau, donne une force électromotrice égale à 9,40 (celle du couple à acide nitrique étant 100), tandis que, lorsqu'elle est étendue de cinq fois son volume d'eau, cette force n'est plus que 3, c'est-à-dire le tiers. Le tube fêlé ne présente, ici, aucun inconvénient, mais il n'en est plus de même quand on introduit, dans le tube fêlé qui contient de l'eau, du quartz, du spath d'Islande, du feldspath, du mica, etc., en poussière plus ou moins fine; dans ce cas, on obtient constamment un courant dont le sens indique que l'eau du tube où se trouvent les poussières est négative, et l'eau extérieure positive, bien que ces substances ne soient pas attaquées par l'eau; en voici la cause :

» Le courant électrique doit avoir une origine chimique, d'après les principes que j'ai exposés précédemment : la seule qu'on puisse admettre est la réaction de l'alcali du verre sur les corps contigus; pour s'en assurer, on a répété les expériences dans deux vases en quartz, dont l'un et l'autre contenaient une lame de platine et de l'eau distillée; on a projeté sur l'une d'elles du spath d'Islande, du quartz ou du mica en poudre, etc., etc.; ces deux vases communiquaient ensemble au moyen d'une bande de papier à filtrer, et faisait partie d'un circuit dans lequel se trouvait un galvanomètre très-sensible. Il n'y a pas eu de courant produit. Il est prouvé par là que celui que l'on obtient avec le tube de verre est dû à l'alcali qu'il contient. L'explication devient alors facile, d'après les vues théoriques que M. Chevreul a présentées sur l'affinité capillaire : les poussières, par suite de leur contact avec l'eau, prennent peu à peu de l'alcali au verre, par une affinité capillaire; la poussière cède ensuite une partie de son alcali à l'eau, qui devient apte alors, par suite de son contact avec l'eau distillée du vase extérieur rempli d'eau où plonge le tube, de produire un courant dont la direction indique que cette dernière est positive à l'égard de l'eau qui est devenue plus alcaline que l'eau extérieure; car on sait que l'eau en contact avec le verre devient toujours légèrement alcaline.

» M. Chevreul avait déjà observé un fait qui se rapporte à celui que je viens de faire connaître : ayant plongé un silex dans de l'eau de chaux titrée, il vit que le titre avait diminué, c'est-à-dire que de la chaux s'était fixée sur le silex par affinité capillaire.

» Pour donner une idée de la force électromotrice qu'acquiert l'eau distillée dans son contact avec l'eau contenue dans un tube de verre

fêlé, où se trouve une substance insoluble en poudre, je rapporterai les résultats d'expériences faites avec diverses substances, les forces électromotrices étant exprimées en fonction de celle du couple à acide nitrique représentée par 100.

Nature de la substance en poudre.	Force électromotrice. 24 heures après la préparation.	Plus de cinq jours après.
Spath d'Islande	2,26	4,89
Quartz	2,35	Sensiblement la même qu'avec le spath d'Islande.
Kaolin en pâte très-fine	2,68	
Mica	3,38	
Os fossiles	2,81	
Os d'éléphant du diluvium des environs de Paris	2,55	
Métatarsien de rhinocéros de Sansan (Gers)	2,26	

» On voit, par les nombres qui se trouvent dans la seconde colonne, qu'au bout de vingt-quatre heures les forces électromotrices approchent d'être égales, et que, plus de dix jours après, l'égalité était presque la même. Je dois ajouter cependant qu'au bout de quelque temps, avec le spath d'Islande, le quartz, le mica, les liquides n'étant pas renouvelés, l'alcalénéité finit par être la même à l'intérieur et à l'extérieur du tube fêlé par suite de leur mélange; il n'en est pas ainsi à l'égard des poussières d'origine organique qui éprouvent une décomposition lente.

» Les substances réduites en poussières très-fines sont celles qui paraissent se charger le plus promptement d'alcali, dans leur contact avec le verre et l'eau distillée. D'après ce qui précède, on voit combien il y a de précautions à prendre, quand il s'agit de trouver les forces électromotrices produites au contact des liquides et des corps solides, en employant des verres ordinaires, où l'alcali peut être cédé facilement à ces corps. De semblables effets peuvent être produits dans les êtres vivants, dans des cas morbides où il se forme des dépôts en très-petits grains, qui tendent à enlever de l'alcali aux tissus voisins. Il peut en résulter alors des effets graves, si les liquides ambiants sont renouvelés.

» On n'a pas à craindre des effets de ce genre, dans l'emploi des tubes fêlés, pour la réduction des métaux, attendu que la dissolution métallique, qui est acide, se trouve dans le tube fêlé et le sulfure alcalin à l'extérieur; ce qui le prouve bien, c'est qu'on obtient également la réduction métallique en opérant avec des plaques de quartz jointives convenablement disposées.

» Les résultats consignés dans le tableau précédent mettent en évidence une propriété qui n'est pas sans intérêt. Les poussières de substances

inertes, non attaquables par l'eau, quelle que soit leur nature, en contact avec le verre et l'eau, s'emparent de l'alcali par l'effet de cette affinité, mais elles ne s'en emparent pas indéfiniment, il paraît y avoir, de leur part, un degré de saturation, de même que dans les combinaisons chimiques, puisque les forces électromotrices sont sensiblement les mêmes au bout d'un certain temps, ce qui ne peut avoir lieu, d'après ce qui a été dit précédemment, qu'autant que les quantités d'alcali fixées sont à peu près les mêmes.

» Le dernier Chapitre du Mémoire est consacré aux courants électrocapillaires dans le tissu nerveux, notamment dans l'encéphale. Je reviens d'abord sur les courants du tissu nerveux dont j'ai parlé dans mon précédent Mémoire.

» L'intervention des forces physico-chimiques dans les fonctions de cet organe est une des causes qui y concourent.

» Berzélius, dans son *Traité de chimie* (t. VII, 1834), s'est exprimé en ces termes, en parlant des forces physico-chimiques dans l'organisme :

« Le secret de la vie se trouve caché dans ce système et, quoiqu'il paraisse à notre portée, cependant nous ne pouvons le pénétrer. La chimie et la physique ne sont point encore arrivées et n'arriveront peut-être jamais au point de pouvoir expliquer une partie essentielle des fonctions du cerveau et des nerfs. Nous admirons les auteurs des chefs-d'œuvre de l'industrie humaine, et il s'agit, ici, de la plus sublime des œuvres du créateur de l'univers. »

» Je partage entièrement cette opinion ; je me borne donc à n'observer dans les nerfs et le cerveau que la nature des forces physico-chimiques qui concourent à l'entretien de la vie et dont l'existence est bien constatée, en me bornant seulement à indiquer les effets physiques et chimiques qu'elles peuvent produire. Je rappelle, à cette occasion, que M. Chevreul, dès 1824, avait montré que les forces de la nature inorganique agissaient efficacement dans la nature vivante; car s'il en était autrement, disait-il, comment un être organisé après la mort conserverait-il la forme de l'être vivant, si les molécules n'obéissaient pas aux forces de la nature inorganique (l'affinité et la cohésion), auxquelles nous attribuons l'union des molécules?

» En 1837, il est revenu sur ce sujet, et montra que ce n'était pas par la distinction de forces inorganiques et de forces vitales qu'il fallait distinguer les êtres vivants des êtres inorganiques, mais par la coordination des forces. On trouvera dans le Mémoire le résumé de cette métaphysique.

» Après avoir donné quelques détails anatomiques sur la constitution de l'encéphale, pour l'intelligence de mon sujet, et avoir fait remarquer que la masse cérébrale est traversée de toutes parts par des vaisseaux sanguins

et leurs capillaires, et par des nerfs et leurs ramifications, donnant lieu à un grand nombre de courants électriques, qui sont la source d'autant d'actions physiques et chimiques, courants dont la direction est telle, que la paroi intérieure des vaisseaux et des nerfs est le lieu d'effets de réduction, et la paroi extérieure d'effets d'oxydation, je me suis attaché particulièrement à la substance grise et à la substance blanche : la première forme le côté externe de la masse cérébrale, jusqu'à une certaine profondeur dont elle est en quelque sorte l'écorce, et se retrouve dans tous les replis; la seconde occupe la partie intérieure. Ces deux substances, par leur contact mutuel, donnent naissance à des courants électriques, ayant pour origine une force électromotrice égale au $\frac{1}{10}$ environ de celle du couple à acide nitrique. Ces courants, d'après leur direction, agissent de telle sorte qu'il y a oxydation dans les parties de la substance grise près du contact, et réduction dans les parties de la substance blanche près de ce même contact.

» Le but que je me suis proposé, dans ce Mémoire, était de compléter la théorie du courant osseux et d'indiquer l'existence des forces physico-chimiques dans l'encéphale et le système nerveux, ainsi que leur mode d'action, sans indiquer les produits formés qui ne peuvent être appréciés jusqu'ici.

» De nouvelles recherches permettront peut-être de préciser mieux que je ne l'ai fait jusqu'ici leur mode d'action. La question est tellement complexe, qu'il est nécessaire de l'analyser, d'en étudier séparément toutes les parties, pour juger de l'ensemble. Je me borne donc à poser des jalons auxquels se rattacheront les observations qui pourront être faites ultérieurement. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses d'acides aromatiques;* *par* **M. Ad. Wurtz.**

« Lorsqu'on chauffe un mélange de toluène bromé et d'éther chloroxycarbonique avec de l'amalgame de sodium, il se forme, comme je l'ai montré récemment (1), un éther toluique dont j'ai retiré un acide aromatique volatil, fusible à 153 degrés. Ce produit, traité à plusieurs reprises par une quantité d'eau bouillante insuffisante pour le dissoudre, a d'abord cédé à l'eau un acide plus fusible que l'acide toluique, lequel s'est concentré dans le résidu et s'est déposé à l'état de pureté des dernières solutions. Il présentait le point de fusion 176 à 177 degrés. L'acide plus

(1) *Comptes rendus*, t. LXVIII, p. 1298.

fusible a été retiré des premières eaux mères, et purifié par plusieurs cristallisations dans l'eau bouillante. On l'a obtenu finalement avec le point de fusion 90 degrés. C'est celui de l'acide isotoluique. L'identité de cet acide avec l'acide isotoluique de M. Ahrens a été vérifiée d'ailleurs par l'analyse du sel de calcium.

» Ce dernier cristallise avec 2 molécules d'eau (1), tandis que le toluate en renferme 3.

» Il résulte de ce qui précède que, par l'action du sodium sur un mélange d'éther chloroxycarbonique et de toluène bromé, il se forme deux acides toluiques isomériques l'un avec l'autre, fait qui trouve une explication très-simple dans l'existence de deux isomères du toluène bromé. MM. Hübner et Wallach ont démontré, en effet, que le toluène bromé est un mélange de deux bromures isomériques, un solide et un liquide.

» L'action du sodium sur un mélange de chlorure de benzyle et d'éther chloroxycarbonique n'est pas aussi simple que l'analogie permettait de le prévoir. Isomérique avec le toluène chloré, le chlorure de benzyle aurait pu donner, dans ces conditions, de l'acide alphatoluique isomérique avec l'acide toluique. Je n'ai pas pu constater la formation de cet acide dans ces conditions; mais j'ai vu se former, par l'union de deux groupes benzyliques, un acide plus complexe dont la composition est exprimée par la formule $C^{15}H^{14}O^{2}$, et que je nomme *dibenzylcarboxylique*. Voici comment on a opéré pour isoler cet acide : 252 grammes de chlorure de benzyle, 108 grammes d'éther chloroxycarbonique et 8000 grammes d'amalgame de sodium à 1 pour 100 ont été distribués dans deux matras à fond plat. Après avoir surmonté chacun des matras d'un réfrigérant à reflux, on l'a chauffé dans un bain d'eau salée jusqu'à ce que la masse fût devenue solide. La réaction terminée, on a ajouté de l'eau, on a décanté le mercure et l'on a agité le reste avec de l'éther. L'éther ayant été distillé, on a chauffé jusqu'à 180 degrés; le liquide restant a été décomposé, à chaud, par une solution alcoolique de potasse. La liqueur alcaline, débarrassée de l'alcool et additionnée d'eau, a été sursaturée par l'acide chlorhydrique. Il s'est séparé une masse visqueuse très-peu soluble dans l'eau et qui renfermait le

(1) Analyse de l'isotoluate de calcium :

	Expériences		
	I.	II.	Théorie.
Eau	10,90	10,21	10,40
Calcium...........	11,45	»	11,56

nouvel acide. Pour l'en retirer, on a épuisé la masse dont il s'agit par une grande quantité d'eau bouillante. La solution aqueuse s'est troublée par le refroidissement, et a donné, du jour au lendemain, des aiguilles fines qui constituent le nouvel acide; l'eau mère, chauffée de nouveau avec la masse visqueuse, lui a enlevé une nouvelle quantité d'acide qui a cristallisé au bout de quelque temps. Ce traitement ayant été répété un certain nombre de fois, on a fini par obtenir une quantité notable du produit qui a été purifié d'abord par une nouvelle cristallisation dans l'eau, enfin par cristallisation dans l'alcool.

» L'acide dibenzylcarboxylique ainsi obtenu est presque insoluble dans l'eau froide, peu soluble dans l'eau bouillante, très-soluble dans l'alcool et dans l'éther. La solution aqueuse bouillante se trouble par le refroidissement, en déposant des gouttelettes qui finissent par se concréter en aiguilles fines. Il fond à 84 degrés. Chauffé sur un verre de montre, il émet des vapeurs à la fois aromatiques et irritantes. Lorsqu'on le chauffe dans un tube, il se volatilise à une température très-élevée et distille.

» L'analyse de l'acide cristallisé dans l'alcool a donné des résultats qui conduisent à la formule $C^{15}H^{14}O^2$ (1).

» L'équation suivante exprime la formation de cet acide :

$$\underbrace{2(C^7H^7Cl)}_{\text{Chlorure de benzyle.}} + \underbrace{CO\left\{\begin{matrix}Cl\\ O.C^2H^5\end{matrix}\right.}_{\text{Éther chloroxycarbonique.}} + 3Na = 3NaCl + H + \underbrace{C^{14}H^{13}\text{-}CO^2.C^2H^5}_{\text{Éther dibenzylcarboxylique.}}$$

» On voit que 2 molécules de chlorure de benzyle $C^6H^5.CH^2Cl$ s'unissent (probablement en perdant HCl) sous l'influence du sodium, et que le dibenzyle chloré ainsi formé

$$\begin{matrix}C^6H^5.CH^2,\\ |\\ C^6H^5.CHCl,\end{matrix}$$

se convertit sous l'influence du sodium et de l'éther chloroxycarbonique

---

(1) Analyse :

	Expériences I.	Expériences II.	Théorie $C^{15}H^{14}O^2$.
Carbone	79,17	79,74	79,64
Hydrogène........	6,50	6,49	6,19

en éther dibenzylcarboxylique

$$\begin{array}{l} C^6H^5.CH^2, \\ C^6H^5.CH.CO^2(C^2H^5). \end{array}$$

» L'acide dibenzylcarboxylique résulte, en effet, du dibenzyle par la substitution de CO^2H à H :

$$\underbrace{C^{14}H^{14}}_{\text{Dibenzyle.}}, \quad \underbrace{C^{14}H^{13}.CO^2H.}_{\text{Acide dibenzylcarboxylique.}}$$

» L'interprétation de la réaction dont il s'agit repose, comme on voit, sur la transformation du chlorure de benzyle, dans les conditions indiquées, en dibenzyle chloré. Cette transformation n'a pas été réalisée directement; mais on s'est assuré que lorsqu'on chauffe le chlorure de benzyle, à une température élevée il perd de l'acide chlorhydrique. J'ajoute que le dibenzyle lui-même a été observé parmi les produits de la réaction du sodium sur l'éther chloroxycarbonique et le chlorure de benzyle.

» Les sels de l'acide dibenzylcarboxylique ne montrent qu'une faible tendance à cristalliser. Celui de calcium est soluble et se couvre pendant l'évaporation de pellicules. Il renferme à l'état sec $(C^{15}H^{13}O^2)^2\overset{''}{Ca}$ (1). Le sel de plomb (2), $(C^{15}H^{13}O^2)^2Pb$, est insoluble et s'obtient par double décomposition sous forme d'un précipité blanc épais. Il fond à 146 degrés. Le sel d'argent (3), $(C^{15}H^{13}O^2Ag)$, s'obtient de même par double décomposition sous forme d'un précipité blanc.

» Lorsqu'on distille le dibenzylcarboxylate de calcium avec son poids de chaux vive, il passe dans le récipient une masse cristalline, mélange de dibenzyle et de stilbène, que l'on peut séparer par des cristallisations dans l'alcool. Le stilbène, de beaucoup le moins soluble, se dépose le premier sous forme de lamelles rhomboïdales. Son point de fusion est compris entre 115 et 118 degrés.

Analyses :			Expérience.	Théorie.
(1)	Sel de calcium.	Calcium	8,01	8,16
(2)	Sel de plomb.	Plomb	31,38	31,48
(3)	Sel d'argent.	Carbone	54,67	54,05
		Hydrogène	4,22	3,90
		Argent	32,20	32,43

» L'identité de ce corps avec le stilbène, $C^{14}H^{12}$, de Laurent, a été démontrée non-seulement par la coïndence des points de fusion, mais encore par l'analyse (1) et par l'action du réactif de Fritzsche, qui donne avec le stilbène des lamelles allongées, très-faciles à reconnaître au microscope à leur forme et leur couleur orangée.

» Le dibenzyle (2) a été obtenu sous forme de lamelles cristallines fusibles de 52°,5 à 53°,5. Ce point de fusion est plus élevé d'un degré que celui du dibenzyle pur, circonstance due au mélange d'une trace de stilbène qui y a été découvert à l'aide du réactif de Fritzsche.

» La formation de ces deux carbures d'hydrogène par la distillation sèche du dibenzylcarboxylate de calcium est facile à expliquer. En effet,

$$\underbrace{C^{15}H^{14}O^2}_{\text{Acide dibenzylcarboxylique.}} - CO^2 = \underbrace{C^{14}H^{14}}_{\text{Dibenzyle.}}.$$

» De plus la distillation du sel de calcium parfaitement sec pourrait se concevoir ainsi :

$$(C^{15}H^{13}O^2)^2Ca = CO^3Ca + CO + \underbrace{C^{14}H^{12}}_{\text{Stilbène.}} + \underbrace{C^{14}H^{14}}_{\text{Dibenzyle.}}. \text{ »}$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Faits relatifs à la stabilité, comme espèces chimiques, des alcools propylique, butylique et amylique normaux; par* **MM. Is. Pierre** *et* **Ed. Puchot.**

« Dans une assez longue série de recherches, dont nous avons présenté à l'Académie les principaux résultats dans le cours des années 1868 et 1869, nous étions parvenus à séparer, en assez grande quantité, des produits de la distillation des betteraves, les alcools propylique, butilique et amylique normaux, et nous en avions profité pour préparer un certain nombre de leurs dérivés acides, salins ou éthérés.

» Dans le travail que nous avons l'honneur de présenter aujourd'hui,

---

Analyses :

			Expériences I.	Expériences II.	Théorie
					$C^{14}H^{12}$.
(1)	Stilbène ..	Carbone	92,72	92,80	93,33
		Hydrogène	7,12	7,18	6,66
					$C^{14}H^{14}$.
(2)	Dibenzyle.	Carbone	91,77	»	92,31
		Hydrogène	7,92	»	7,69

nous nous sommes proposé de compléter l'étude de quelques-unes des propriétés de ces alcools, en vue d'en conclure un ensemble de caractères propres à donner une idée de leur stabilité comme espèces chimiques.

» Chacun de ces alcools a été étudié dans trois conditions bien distinctes :

» 1° Dans l'état où l'on peut l'isoler des produits qui l'accompagnent à l'état brut, en s'attachant avec le plus grand soin à ne lui faire subir d'autres influences que celle des agents déshydratants et celles de rectification successives, avec ou sans rétrogradation, pour l'obtenir dans l'état de plus grande pureté possible ;

» 2° Dans l'état où il peut être isolé des produits qui l'accompagnent, lorsqu'il a été soumis à l'action oxydante d'un mélange de bichromate de potasse et d'acide sulfurique étendu, de manière à en transformer la majeure partie en d'autres produits dérivés ;

» 3° Enfin dans l'état où il peut être isolé, lorsqu'après l'avoir éthérifié par oxydation, on le régénère en décomposant l'éther par un alcali hydraté.

» Il est à peine besoin d'ajouter que l'alcool non attaqué dans le deuxième cas, et l'alcool régénéré dans le troisième, n'étaient soumis ensuite à d'autres influences qu'à celle d'un agent déshydratant et à des rectifications successives, convenablement ménagées et répétées, comme lorsqu'il s'agissait de l'alcool primitif.

» Qu'il nous soit permis, avant l'exposé des résultats obtenus, de nous arrêter un instant sur quelques-unes des conséquences possibles de l'oxydation partielle ou de l'éthérification de chacun de nos trois alcools.

» Il était, jusqu'à un certain point, permis de penser que, si l'alcool primitif obtenu par des rectifications successives, diversement conduites, n'était pas rigoureusement pur, ou s'il résultait du mélange ou de l'union plus ou moins intime de composés divers, isomères entre eux ou complémentaires, l'oxydation pourrait agir différemment sur chacun des composants, et qu'alors le produit résidu non altéré pourrait différer, par quelques-uns de ses caractères, du produit primitif.

» Le produit brut de l'oxydation de chacun des alcools, dans nos expériences, se composait de trois parties principales. En représentant, d'une manière générale, par $C^{2n}H^{2n+2}O^2$ l'alcool soumis à l'épreuve, nous obtenions :

» 1° Une certaine quantité de l'aldéhyde correspondante $C^{2n}H^{2n}O^2$;

» 2° L'éther composé correspondant $C^{2n}H^{2n+1}O^3$, $C^{2n}H^{2n+1}O$, qui constituait la partie la plus considérable du mélange ;

» 3° De l'alcool non transformé par oxydation, constituant le second état sous lequel nous nous proposions de l'étudier dans le présent travail.

» Il conviendrait d'ajouter encore à ces trois produits une quantité variable de l'acide correspondant $C^{2n}H^{2n+1}O^3$ resté libre en dissolution dans le liquide brut après l'opération.

» Si la partie acidifiée de l'alcool primitif ou la partie éthérifiée par combinaison avec l'acide dérivé différait, à quelques égards, soit de l'alcool primitif lui-même, soit du résidu non oxydé ni éthérifié, en décomposant l'éther $C^{2n}H^{2n-1}O^3$, $C^{2n}H^{2n+1}O$ par un alcali convenablement hydraté, l'alcool régénéré ainsi obtenu devrait conserver des traces de cette différence, après avoir été déshydraté soigneusement et purifié.

» Celles des propriétés sur lesquelles ont plus particulièrement porté nos études sont :

» 1° La température d'ébullition;

» 2° La densité à zéro et à diverses températures;

» 3° L'indice de réfraction à une même température;

» 4° Enfin l'action sur la lumière polarisée.

I. — Alcool amylique.

1. *Température d'ébullition.*

Alcool amylique n° 1 obtenu directement des produits bruts de la fermentation des jus de betteraves, par des rectifications successives, après déshydratation. Température d'ébullition sous la pression normale....	130° à 130°,2
Alcool amylique n° 2, résidu de l'oxydation partielle de l'alcool n° 1...	130° à 130°,5
Alcool amylique n° 3, obtenu des éthers par révivification..........	130° à 130°,4

2. *Densité.*

Températures observées.	N° 1.	N° 2.	N° 3.
0°	0,826	0,826	0,8268
51,1	0,788	»	»
53,6	»	0,786	»
99,6	0,746	0,746	»
100,3	»	»	0,7465
121	»	0,725	»
121,6	»	»	0,725
123	0,722	»	»

Si, au moyen d'un calcul d'interpolation fort simple, on détermine les densités à un certain nombre de températures communes, de 25 en 25 degrés par exemple, on trouve :

Températures.	N° 1.	N° 2.	N° 3.
0°	0,826	0,826	0,8268
25	0,808	0,808	0,809
50	0,789	0,789	0,790
75	0,768	0,768	0,769
100	0,746	0,746	0,747
125	0,720	0,720	0,721

3. *Indice de réfraction, à la température de 9 degrés, rapporté au milieu de l'orange.*

Angle du prisme employé.................. 52°22′

	N° 1.	N° 2.	N° 3.
Déviation minima.......	24°37′30″	24°38′	24°39′
Indice de réfraction.....	1,411	1,411	1,411

4. *Action sur la lumière polarisée.*

Les liquides ont été observés dans un tube de 20 centimètres de longueur, au moyen de l'appareil Soleil-Dubosq.

Déviation observée en sens inverse de celle que produisait le sucre cristallisé :

N° 1.	N° 2.	N° 3.
8 divisions.	9 divisions.	8,5 divisions.

c'est-à-dire que, *s'il existe* entre ces trois échantillons d'alcool amylique *des différences spécifiques*, ces différences ne sont accusées *ni par leur température d'ébullition, ni par leur densité, ni par la marche de leur dilatation, ni par leur indice de réfraction, ni par l'action qu'ils exercent sur la lumière polarisée.*

II. — Alcool butylique.

En soumettant à la même série d'épreuves les trois états correspondants de l'alcool butylique, nous avons successivement trouvé pour résultat :

1. *Température d'ébullition.*

Alcool butylique n° 1, obtenu directement des produits bruts de la distillation de la betterave, par des rectifications successives après déshydratation. Température d'ébullition, sous la pression normale............................ 180°

Alcool butylique n° 2, résidu de l'oxydation partielle de l'alcool n° 1......... 100°

Alcool butylique n° 3, obtenu des éthers par révivification.................. 108°,1

2. *Densité.*

Températures.	N° 1.	N° 2.	N° 3.
0°	0,817	0,018	0,817
11	0,809	»	»
51	»	0,779	»
54,7	»	»	0,773
55	0,774	»	»
100	0,732	0,732	0,731

D'où l'on peut déduire, par des interpolations faciles :

Température.	N° 1.	N° 2.	N° 3.
0°	0,817	0,817	0,817
25	0,799	0,800	0,798
50	0,799	0,780	0,778
75	0,757	0,759	0,756
100	0,732	0,732	0,731
108	0,724	0,724	0,723

3. *Indice de refraction à la température de 9 degrés, rapportée au milieu de l'orangé.*

Angle du prisme employé..... 52°22′

	N° 1.	N° 2.	N° 3.
Déviation minima.....	23°59′30″	24°	24°2′45″
Indice de réfraction...	1,401	1,401	1,402

4. *Action sur la lumière polarisée.*

Inappréciable sur les trois échantillons, c'est-à-dire que la température d'ébullition, la densité à diverses températures et l'indice de réfraction ne nous ont permis de constater *aucune différence spécifique sensible* entre ces trois échantillons d'alcool butylique, et que la lumière polarisée n'a subi de modification appréciable sous l'influence d'aucun d'eux.

III. — Alcool propylique.

Nous avons encore soumis à la même série d'essais, les trois états correspondants de l'alcool propylique; nous avons obtenu, de cette quadruple épreuve, les résultats suivants :

1. *Température d'ébullition.*

Alcool propylique, n° 1, obtenu directement des produits bruts de la distillation de la betterave par des rectifications successives après déshydratation; température d'ébullition sous la pression normale... 98°5

Alcool propylique, n° 2, résidu de l'oxydation partielle de l'alcool n° 1. 98°5

Alcool propylique, n° 3, obtenu des éthers par révivification .... 98°2

2. *Densité.*

Température.	N° 1.	N° 2.	N° 3.
0°	0,820	0,831	0,827
9,6	0,812	»	»
50,1	0,779	»	»
51	»	»	0,785
51,3	»	0,788	»
81,6	»	0,760	»
82,8	»	»	0,756
84	0,749	»	»

D'où l'on peut déduire, par de faciles interpolations :

Température.	N° 1.	N° 2.	N° 3.
0°	0,820 (1)	0,831	0,827
25	0,800	0,810	0,807
50	0,779	0,788	0,785
75	0,758	0,766	0,763
98	0,736	0,744	0,741

3. *Indice de réfraction pris dans les mêmes conditions que précédemment.*

	N° 1.	N° 2.	N° 3.
Déviation minima	23° 13′	23° 17′	23° 19′
Indice de réfraction ...	1,389	1,390	1,390

4. *Action sur la lumière polarisée.*

Inappréciable sur les trois échantillons, c'est-à-dire qu'à part quelques petits écarts insignifiants dans les densités (2), les trois échantillons d'alcool propylique, soumis aux diverses épreuves que nous venons de résumer, se sont conduits de la même manière, sans présenter de différences spécifiques réellement appréciables.

» En présence de ces résultats, nous nous croyons autorisés à conclure :

» 1° Que, dans les trois conditions bien distinctes dans lesquelles nous l'avons examiné, chacun de nos alcools s'est comporté comme une seule et même espèce chimique;

» 2° Que cette identité de propriétés physiques fondamentales, dans des conditions si diverses, peut être considérée, en outre, comme un indice de pureté pour chacun d'eux;

» 3° Que, sur ces trois alcools, un seul, l'alcool amylique, exerce une action sensible sur la lumière polarisée. »

---

(1) Une nouvelle détermination de la densité du n° 1, faite sur un autre flacon, a donné un résultat identique avec celui-ci.

(2) Ces petits écarts peuvent être attribués à des traces de propionate propylique, que la quantité limitée de produit n'aura pas permis de séparer avec une entière rigueur.

RAPPORTS.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Rapport sur un Mémoire de* M. Boussinesq, *présenté le* 19 *avril* 1869, *avec additions du* 19 *novembre, et relatif à la théorie des ondes liquides périodiques.*

(Commissaires : MM. Delaunay, Bonnet, Jamin, de Saint-Venant rapporteur.)

« La formation et la propagation des ondes à la surface des eaux, ainsi que dans l'intérieur de leurs masses, ont occupé de tous temps les physiciens et les géomètres.

» Et, depuis que d'Alembert et Euler ont donné des équations différentielles exprimant d'une manière générale les mouvements des fluides, au moins quand on néglige les frottements qui se développent entre leurs couches et contre les parois qui les contiennent, les plus illustres de leurs successeurs ont cherché à déterminer par l'analyse les lois de ce phénomène intéressant. On sait qu'en se bornant à considérer des oscillations très-petites, ce qui est à peu près nécessaire pour pouvoir arriver à des résultats dignes de remarque, Laplace est parvenu, il y a bientôt un siècle (1), à exprimer ce que devient successivement un liquide pesant dont la surface, sans recevoir aucune impulsion, aurait été amenée initialement à prendre la forme de la courbe serpentante dont les ordonnées sont les cosinus d'arcs proportionnels aux abscisses; que Lagrange (2) a trouvé, lorsque l'eau est contenue dans un canal prismatique rectangulaire très-peu profond, une expression simple ($\sqrt{gh}$, ou la vitesse qu'acquiert librement un corps pesant tombant de la moitié de la profondeur h) pour la vitesse de propagation de cette intumescence aujourd'hui appelée *onde solitaire*, et qui est provoquée par un petit ébranlement longitudinal supposé s'étendre à toute la hauteur d'une section transversale; formule qui a été confirmée, depuis, par diverses expériences (3), et qui pourrait être démontrée élémentairement dans les cours

---

(1) A l'article XXXVII et dernier de ses *Recherches sur plusieurs points du système du monde* (*Mémoires de l'Académie des Sciences* pour l'année 1776, p. 542).

(2) *Académie de Berlin*, 1786; et ensuite, *Mécanique analytique*, 2e Partie, Section XI, art. 35 et suivants.

(3) Entre autres celles de Scott Russel (*Annales des Ponts et Chaussées*, vers 1836), de qui est la dénomination que nous venons de rapporter; celles de M. Bazin (*Comptes rendus*, t. LV, 353, et t. LVII, p. 302), qui a reconnu la nécessité d'ajouter à l'expression $\sqrt{gh}$ de

de physique de la même manière très-simple dont M. Babinet est parvenu, en 1826, à démontrer la formule plus connue de la vitesse du son (1). On sait que Poisson, après avoir très-bien fait voir que l'on ne pouvait nullement, en bornant la profondeur supposée des agitations, étendre cette formule, comme le pensait Lagrange, à ce qui se passe dans une eau profonde (2), a donné une formule générale pour les états successifs d'une masse d'eau de profondeur constante quelconque, dont la surface supérieure aurait eu une forme initiale aussi quelconque et donnée. Cette formule revient à la somme d'un nombre infini d'expressions, comme celle qu'on peut tirer de l'analyse de Laplace, et qui jouerait ainsi, dans la théorie des ondes, le même rôle que la formule pendulaire de Taylor dans celle des cordes vibrantes. Et Poisson, en transformant, comme Fourier, une pareille somme en une intégrale double ou quadruple, a montré comment on pourrait supposer discontinue la courbe de l'état initial de la surface. Mais il n'a pu en tirer des lois distinctes qu'en supposant l'eau infiniment profonde, et les ondes provoquées par l'émersion brusque d'un corps solide paraboloïdal, qui préalablement y aurait été très-peu immergé. La loi principale est toujours très-complexe, car l'illustre géomètre trouve qu'il se propage, tout autour, une première série d'ondes dont le rayon augmente proportionnellement au carré du temps, mais à laquelle vient bientôt se superposer une série d'ondes plus importantes et plus larges, dont chacune a plus de hauteur que la suivante et marche avec une vitesse qui dépend des dimensions horizontales du corps immergé.

» On connaît aussi, sur le même sujet, les recherches étendues de Cauchy (3), qui a pris occasion de la question des ondes pour donner

---

Lagrange la vitesse propre de l'eau quand elle est courante, et de prendre pour h la profondeur d'équilibre, plus celle de l'intumescence; et celles de M. de Caligny, qui a prouvé que, pour un ébranlement peu profond, l'onde solitaire prend cette vitesse seulement lorsque le mouvement a eu le temps de s'étendre à toute la profondeur du canal.

(1) *Exercices de physique, ou Recueil de questions de composition écrite*, par I. (Isidore) Pierre, 196e exercice, p. 155 de l'édition de 1862. On peut voir aussi le *Mémoire sur le choc longitudinal de deux barres élastiques*, au tome XII, 1867, 3e série, du *Journal de M. Liouville*, note du no 16. L'auteur de ce Mémoire croyait être le premier à donner cette démonstration, dont il se plaît à reconnaître que la priorité appartient à M. Babinet.

(2) *Mémoire sur les ondes*, déposé le 28 août, lu le 2 octobre 1815 (*Société philomathique*, 1815 et 1817, p. 163 et 85) et imprimé au tome Ier (1826) de ceux de l'Institut.

(3) Mémoire qui a remporté le prix en 1816 et qui a été imprimé au tome Ier (1827) des *Savants étrangers*.

d'importants théorèmes d'hydrodynamique et d'analyse, et qui est arrivé à des résultats plus généraux pour les ondes provoquées par une brusque rupture de l'équilibre dans une portion peu étendue de la surface du fluide, en ajoutant ce qui arrive dans le cas d'une impulsion qu'on lui aurait imprimée. Des additions à son Mémoire de 1816 ont été faites postérieurement à la publication, par Fourier, d'une Note sur le même sujet, au *Bulletin de la Société philomathique*.

» L'auteur du Mémoire dont nous avons à rendre compte s'est proposé d'étudier un phénomène qui, malgré quelques analogies, est essentiellement différent, et dont les lois sont plus simples. Il considère une masse fluide d'une profondeur finie, où il suppose qu'un ébranlement périodique est produit dans un espace limité soit en tous sens, soit dans un ou deux sens, et il détermine les mouvements, nécessairement de même période, qui en résultent dans tout le reste de la masse, spécialement aux points situés au delà d'une certaine distance de ceux où l'ébranlement a été provoqué; mouvements qui, au lieu de s'éteindre graduellement, comme dans les questions traitées par les grands géomètres cités, conservent une amplitude qui ne varie pas avec le temps, vu que la cause productrice est supposée ne pas cesser d'agir.

» Pour cela M. Boussinesq commence par établir, d'une manière nouvelle, des équations différentielles générales du mouvement, où figurent les trois composantes rectangulaires, non pas des *vitesses* des molécules fluides comme dans celles d'Euler, mais des *déplacements* qu'elles ont éprouvés, et auxquels il suppose d'abord des grandeurs quelconques. A cet effet il exprime les trois conditions de l'équilibre de translation d'un élément parallélépipède ayant *actuellement* ses côtés parallèles aux trois axes coordonnés fixes et rectangles, après avoir déterminé, en résolvant successivement trois groupes de trois équations du premier degré, quelles étaient les coordonnées *primitives*, ou avant les déplacements éprouvés, de quatre des huit sommets de ce petit solide initialement obliquangle. Ce sont, en effet, les neuf différences deux à deux de ces coordonnées primitives, c'est-à-dire les neuf excès, sur celles (x, y, z) d'un des sommets, de celles de trois autres, qui doivent entrer dans les équations d'équilibre, et y affecter les neuf dérivées des composantes de pressions sur les faces de l'élément; composantes qui sont censées exprimées en fonction des coordonnées initiales et non des coordonnées ultérieures. On n'aurait évidemment que des équations d'équilibre non rigoureuses ni complètes si, au lieu de cela, l'on ne faisait entrer, dans les premiers membres de chacune, que trois des neuf

dérivées des composantes de pression, en les affectant des trois dimensions actuelles de l'élément devenu rectangulaire.

» En introduisant ensuite la supposition que non-seulement les côtés de l'élément, mais même les déplacements éprouvés, ont été très-petits, les équations se modifient, mais conservent une forme très-générale bien adaptée à la solution des problèmes d'ondes et de vibrations. Elles donnent la propagation du son à travers le liquide si l'on y néglige les termes affectés de la pesanteur, en mettant, à la place de la partie dynamique de la pression, le produit de la très-petite compression de l'unité de volume par un coefficient d'élasticité très-considérable; et elles donnent les ondes liquides proprement dites en conservant dans chacune, sans une pareille transformation, cette pression qui plus tard sera éliminée, et en regardant comme nulle, par rapport à chacun des trois termes qui composent son expression, la compression de volume, bien que l'existence de cette compression puisse seule expliquer physiquement la pression et ses différences. De pareilles équations, laissées avec tous leurs termes, l'on ne retirerait pas forcément cette conséquence paradoxale et physiquement fausse, fournie, suivant Poisson, par les équations ordinaires et incomplètes : « que les ébranle- » ments provoqués quelque part dans les liquides se transmettent *instanta-* » *nément* dans toute leur masse. »

» Dans les équations ainsi établies, M. Boussinesq a introduit de suite, conformément à son objet, la condition ou la restriction que les déplacements soient périodiques et de même période dans toute la masse. Il en résulte que le potentiel du déplacement d'une molécule quelconque, ou la fonction (φ) qui, différentiée par rapport à ses trois coordonnées, donne les trois projections (u, v, w) de ce déplacement sur les coordonnées respectives (x, y, z), n'est autre chose qu'une quantité proportionnelle à la fois au carré du temps d'une période et à la partie dynamique de la pression. Cette quantité est nécessairement périodique, et a pour grandeur le produit d'une fonction positive des coordonnées, mesurant l'amplitude de ses variations, par le cosinus d'un arc proportionnel au temps diminué d'une autre fonction des coordonnées; fonction qui, lorsqu'on l'égale à une constante, donne l'équation des ondes, c'est-à-dire des surfaces formées par un ensemble de points de la masse fluide, dont les vibrations sont au même instant à une même phase de leurs évolutions autour de la situation moyenne de chacun.

» Ces deux fonctions sont astreintes à satisfaire à deux équations différentielles indéfinies, et à des conditions définies relatives à la suface et au fond.

» Avant de les résoudre pour des mouvements propagés à partir d'un centre ou d'une surface quelconque d'ébranlement, l'auteur montre qu'on y satisfait par des ondes planes, verticales et parallèles, d'une vitesse de propagation constante, mais d'une amplitude variable de la surface au fond. Il trouve que cette amplitude doit être le produit d'une constante par le *cosinus hyperbolique* du nombre de fois que la distance au fond contient le rayon d'une circonférence mesurant la *longueur d'onde* (en appelant ainsi, comme dans d'autres théories, l'espace qui serait parcouru pendant le temps d'une période en vertu de la vitesse de propagation des ondes). Et, en exprimant la condition relative à la surface, il reconnaît que la vitesse de propagation est racine d'une équation exprimant que la tangente hyperbolique du nombre dont on vient de parler, particularisé pour les points de la surface supérieure, est à ce nombre lui-même, comme le carré de la vitesse inconnue est au carré de celle qu'acquerrait un corps pesant en tombant librement d'une hauteur égale à la moitié de la profondeur de la masse liquide. Cette équation transcendante, comme le démontre ingénieusement l'auteur, n'a jamais qu'une seule racine positive ou qui convienne à la question. On voit que, lorsque l'eau est assez peu profonde et le nombre des vibrations imprimées dans un temps donné assez peu considérable pour que la profondeur d'eau soit bien plus petite que la longueur d'onde, en sorte que la tangente hyperbolique soit sensiblement égale à son arc ou module, alors petit, l'on a pour la vitesse de propagation l'expression trouvée par Lagrange relativement à l'onde solitaire; mais que quand la profondeur, au contraire, est grande et les périodes courtes, en sorte que la même tangente hyperbolique devient sensiblement égale à l'unité, la vitesse de propagation a pour valeur très-approchée, en mètres, 1 fois, 5612 $\left(\frac{g}{2\pi}\text{ fois}\right)$ le temps de la période en secondes.

» Or M. Boussinesq montre que le mouvement par ondes planes se réalise très approximativement lorsqu'on se borne à considérer des points assez éloignés des centres d'ébranlement. Le coefficient traité ci-dessus comme constant, qui, dans l'expression de l'amplitude, multiplie le cosinus hyperbolique d'un nombre proportionnel à la hauteur au-dessus du fond, se trouve remplacé par une fonction des cordonnées, mais extrêmement peu variable sur une même verticale, et ne variant que lentement d'une verticale à l'autre. Il reconnaît que les molécules décrivent, autour de leurs positions d'équilibre, de petites ellipses dans des plans verticaux, normaux aux ondes. Chacune de ces ellipses a son plus grand

axe horizontal. Infiniment aplaties auprès du fond aussi horizontal sur lequel la masse liquide repose, ces ellipses, si les vibrations ne sont pas trop lentes, approchent, vers la surface, de la forme circulaire, sans toutefois que la distance focale s'annule; car, pour toutes les molécules situées sur une même verticale, cette distance est constante, et égale par conséquent à la petite course rectiligne des molécules du fond. Chaque ellipse est décrite de manière que la molécule, en parcourant la moitié supérieure de sa trajectoire, s'éloigne de l'endroit du fluide où l'ébranlement a été provoqué, tandis qu'elle s'en approche en parcourant la moitié inférieure. Le mouvement par ondes rigoureusement planes, et représenté par deux coordonnées seulement, aura lieu dans un canal horizontal prismatique à section rectangle, si l'ébranlement périodique est provoqué dans un plan vertical et transversal. L'analyse donne, comme on voit, des résultats en rapport avec ce qui a été observé par M. de Caligny dans ses expériences, où, cependant, les oscillations n'étaient pas très-petites (1).

» Du reste, dans le cas le plus général, ces ondes, qui dans des portions peu étendues peuvent être regardées comme planes, sont, par le fait, des cylindres ayant tous, à très-peu près, les mêmes normales, et, par suite, les mêmes centres principaux de courbure. L'une d'elles étant donnée, toute autre s'obtient en menant à celle-ci une infinité de normales d'égale longueur, grande ou petite, et en faisant passer une surface par leurs extrémités. L'amplitude varie le long d'une même normale en raison inverse de la racine carrée de la distance au centre de courbure correspondant. D'une normale à l'autre, elle peut varier arbitrairement, et la fonction arbitraire ainsi introduite dépend du mode particulier de production des ébranlements. Il en est de même de la première surface d'onde considérée, c'est-à-dire de celle qui est la plus voisine des centres d'ébranlement parmi celles auxquelles s'applique la théorie exposée : sa forme change évidemment, suivant que le fluide est directement agité dans un petit espace autour d'un point, ou sur toute l'étendue d'une surface de longueur indéfinie.

» Ces lois s'observent pourvu que la vitesse de propagation des ondes soit, à très-peu près, constante. Or elle l'est dès que la distance aux points d'ébranlement contient un nombre assez grand de fois la longueur d'onde. Les variations fort petites de la vitesse sont alors, suivant une même normale aux ondes, en raison inverse du carré de la distance au centre de courbure correspondant.

» M. Boussinesq applique ces résultats au cas où les ébranlements ne sont

(1) *Société philomathique*, 1842, et *Comptes rendus*, 26 avril 1869, t. LXVIII, p. 980.

directement produits que dans un espace très-petit autour de l'origine, et où, par suite, les ondes sont des cercles circulaires concentriques.

» Ensuite, il y ramène le cas plus général où la première des surfaces d'onde considérées est un cylindre vertical à base quelconque. Il emploie pour cela des considérations géométriques délicates, qui ont de l'analogie avec celles dont s'est servi Fresnel dans ses explications de la réflexion et de la réfraction de la lumière; car il regarde chaque élément d'un certain cylindre construit à une petite distance constante en arrière de la première onde donnée, comme un centre ou un axe d'ébranlement qui engendre et propage, tout autour, des ondes à base circulaire. En considérant un point quelconque de l'onde donnée, il fait voir que la propagation des petites ondes circulaires dont on vient de parler y enverra des mouvements en partie discordants, et se détruisant les uns les autres, à l'exception de ceux qui émanent d'éléments verticaux fort proches du pied de la normale menée du point considéré au cylindre. Or, si l'on admet que les mouvements élémentaires envoyés suivant cette normale se trouvent, en arrivant au point considéré, en avance d'un huitième de vibration sur ceux qui y sont effectivement produits, la forme des mouvements élémentaires envoyés par les éléments verticaux voisins du pied de la normale équivaudra, au point considéré, comme l'auteur le démontre simplement, aux mouvements effectifs. Cette somme, vérifiant d'ailleurs les équations différentielles des ondes liquides périodiques, constitue, par conséquent, la solution cherchée.

» Mais, le même procédé géométrique et en quelque sorte élémentaire lui permet d'aborder aussitôt en peu de lignes un cas encore plus général et d'en indiquer la solution complète. C'est le cas où la surface cylindrique, sur toute l'étendue de laquelle l'amplitude des mouvements est supposée connue, couperait les ondes et ne serait plus, par conséquent, l'une de celles-ci. On devrait donner alors, en même temps, sur chaque verticale de cette surface, la direction de la surface d'onde qui y passe. On construira toujours, en arrière du cylindre proposé, un autre cylindre, lieu des axes des ondes circulaires fictives, alors obliques à l'un comme à l'autre; mais l'amplitude des éléments fictifs qu'envoie chacun des éléments verticaux de celui-ci, au lieu d'être proportionnelle à la largeur de l'élément, ne l'est plus qu'à la projection de cette largeur sur l'onde effective voisine.

» Déjà, dans un Mémoire sur les vibrations transversales de l'éther et sur la diffraction de la lumière, imprimé en 1868 (*Journal de Mathématiques*), M. Boussinesq s'était livré à des considérations semblables, susceptibles d'une utile généralisation.

» Il applique aussi sa théorie à un phénomène de *diffraction* des ondes liquides qui serait produit si une plaque verticale solide, plongée dans le fluide ébranlé, venait à intercepter une partie des ondes produites. Nous n'analyserons pas cette partie de son travail, dont les divers résultats sont établis analytiquement sans faire appel aux méthodes d'approximation. L'une des conclusions est qu'il se formera à la surface, au delà de l'obstacle, des franges ou rides hyperboliques.

» Nous ne le suivrons pas non plus dans les diverses parties d'une première Note finale, où il tient compte de termes de l'ordre des carrés et des produits des déplacements, c'est-à-dire supposés tels qu'on ne puisse plus les envisager comme très-petits. Les mouvements périodiques longitudinaux dans un canal, par exemple, ne peuvent alors être *pendulaires* que lorsqu'on suppose la profondeur infinie. Les centres des trajectoires des molécules diffèrent légèrement de leurs positions d'équilibre; et, dans ce même cas, comme le mouvement moléculaire *au fond* doit être nul, l'excentricité, égale pour tous les points d'une même verticale, comme on a dit, est nécessairement zéro partout, et les trajectoires sont toutes circulaires. Cela est conforme à une Note de M. Reech, insérée au *Compte rendu* du 10 mai 1869 (t. LXVIII, p. 1099), où ce cas est considéré. On voit que le travail de l'éminent Directeur de l'École du Génie maritime ne contredit nullement celui de M. Boussinesq.

» Nous dirons peu de choses aussi de ce que contient une dernière Note, intéressante cependant par son sujet, qui est relatif à l'action du frottement intérieur des liquides dans le phénomène des ondes périodiques. Si le coefficient de ce frottement n'est que ce qu'il a été dans les mouvements *réguliers* qui avaient lieu dans les expériences de M. Poiseuille, cette force ne change sensiblement rien aux équations différentielles *indéfinies* relatives aux points de l'intérieur de la masse; elle ne modifie que les conditions aux limites. Mais, à cause de sa petitesse, elle agit secondairement et tout au plus à la manière des forces appelées *perturbatrices* dans des phénomènes d'un autre ordre.

» Vos Commissaires pensent, en résumé, que M. Boussinesq a traité à un nouveau point de vue, et d'une manière aussi exacte que féconde, le problème intéressant des ondes liquides; qu'il a montré, dans son Mémoire, un remarquable esprit d'invention secondé constamment par l'habileté analytique, et ils vous proposent d'ordonner l'impression de ce travail dans le *Recueil des Savants étrangers*. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Rapport sur un complément, présenté par* M. Tresca *le 7 février 1870, à son Mémoire du 27 novembre 1864 relatif à l'écoulement des corps solides malléables poussés hors d'un vase cylindrique par un orifice circulaire.*

(Commissaires : MM. Morin, Combes, de Saint-Venant rapporteur.)

« Conformément à un vote de l'Académie, du 12 juin 1865, un Mémoire de M. Tresca sur l'écoulement des solides, présenté le 27 novembre de l'année précédente, a été imprimé au tome XVIII *des Savants étrangers*.

» Dans ce Mémoire se trouvaient mentionnées quarante expériences faites sur du plomb, quatorze sur d'autres métaux, et quarante sur des pâtes céramiques, sans compter quelques expériences faites sur des matières pulvérulentes ou granuleuses, ayant, comme dit leur auteur, un but secondaire.

» Mais, pour ces quatre-vingt-quatre expériences principales, dont l'auteur a fait passer, en séance, sous les yeux de l'Académie, les principaux résultats, il n'a donné dans son Mémoire qu'une seule épure, savoir : celle qui est relative à son expérience du 29 juillet 1864, faite avec dix plaques de plomb superposées.

» Si M. Tresca a usé d'une réserve aussi excessive, c'est qu'il ne savait pas encore les facilités que l'administration de l'Académie donne volontiers aux auteurs dont les travaux ont besoin d'être étudiés plutôt sur des dessins que sur des descriptions; descriptions et mesurages qui ne se trouvent pas non plus dans le Mémoire cité, car on n'y voit que la mention de la longueur des jets métalliques obtenus, et un résumé général et insuffisant des autres résultats.

» L'un de nous, en étudiant avec soin la matière, a eu plusieurs fois l'occasion de signaler, avec regret, cette absence d'épures, et conséquemment celle de la perte bientôt probable de documents laborieusement et dispendieusement recueillis, et dont la publication détaillée peut seule fournir des matériaux aux recherches théoriques comme aux applications pratiques qui peuvent en ressortir.

» Cette opinion ayant été également exprimée par d'autres Membres de l'Académie, M. Tresca vous présente aujourd'hui les épures des coupes faites dans les jets de matières ductiles, dont de fortes pressions ont déterminé l'écoulement par les orifices de plusieurs vases ou matrices, où il les avait mises le plus souvent sous forme de plaques minces superposées, dont

les joints restés apparents après leur incurvation peuvent fournir des indications sur les marches des particules.

» Ces épures de grandeur naturelle, dont la gravure sera peu compliquée, tiennent dans dix-sept planches de dimension médiocre, et sont accompagnées de l'indication des pressions qui ont déterminé l'écoulement, avec une légende. La variété des circonstances qu'elles retracent, et des résultats qu'elles présentent aux yeux, montre qu'elles sont utiles à publier dans leur totalité.

» L'intérêt à les connaître se trouve même augmenté depuis que l'auteur a présenté (24 mai 1869), sur le poinçonnage des métaux, un Mémoire que l'Académie vient d'approuver (14 février 1870), et dont la dernière partie contient une théorie de la déformation permanente des solides, également applicable à ses expériences d'écoulement de 1864, qui pourront servir ainsi à la vérifier, et fournir des données pour la détermination des constantes numériques devant entrer dans les formules.

» En conséquence vos Commissaires proposent l'insertion aux *Savants étrangers* du complément graphique présenté par M. Tresca à son Mémoire du 27 novembre 1864, déjà imprimé à ce recueil. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

CHIMIE. — *Rapport sur les travaux de* M. Auguste Houzeau *relatifs à l'ozone.*

(Commissaires : MM. Chevreul, Regnault, Balard, Fremy, Wurtz, Cahours rapporteur.)

« Le premier travail relatif à la modification que l'électricité fait éprouver à l'oxygène paraît remonter à l'année 1785. On le doit à Van Marum, qui reconnut que ce gaz acquérait l'odeur de la matière électrique après avoir été traversé pendant un certain temps par une série non interrompue d'étincelles. Il constata de plus que ses propriétés chimiques se trouvaient considérablement exaltées, puisqu'en cet état il oxydait le mercure à la température ordinaire, ce que ne fait pas l'oxygène normal.

» Cette découverte passa presque inaperçue, lorsqu'en 1840 Schœnbein observa que l'oxygène dégagé dans l'électrolyse de l'eau renfermait un principe odorant susceptible de noircir l'argent et de décomposer l'iodure de potassium en mettant l'iode en liberté. En outre, il constata que ce principe ne prenait naissance qu'autant que la décomposition de l'eau par

le courant électrique s'effectuait à basse température et en l'absence de tout corps oxydable employé soit comme électrode, soit pour augmenter la conductibilité de ce liquide. M. Schœnbein désigna ce corps, dont il ne put déterminer la nature, sous le nom d'*ozone*, du mot grec οζω, je sens.

» Rapprochant l'odeur du gaz dégagé dans l'électrolyse de l'eau de celle qu'exhale le phosphore en s'oxydant à l'air humide à la température ordinaire, Schœnbein découvrit un nouveau mode de production de l'ozone, et constata que la substance formée dans ces circonstances jouissait de toutes les propriétés de ce corps.

» Néanmoins les nombreux et intéressants travaux que Schœnbein publia sur cette substance ne lui permirent pas d'en déterminer la véritable nature. C'est à MM. Marignac et de la Rive, d'une part, à MM. Fremy et Edmond Becquerel, de l'autre, qu'on doit la solution définitive de cet important problème. Les premiers reconnurent que lorsque l'oxygène parfaitement pur était soumis à l'action d'une série d'étincelles électriques, il devenait odorant et acquérait toutes les propriétés de l'ozone, confirmant ainsi la brillante découverte de Van Marum. Les seconds démontrèrent qu'un volume déterminé d'oxygène pur et sec pouvait être complétement converti, sous l'influence de l'étincelle, en ozone entièrement absorbable par l'iodure de potassium. Cette expérience réduisait à néant l'opinion d'après laquelle on considérait l'ozone comme le résultat d'une impureté latente contenue primitivement dans l'oxygène et dégagée par l'intervention du fluide électrique.

» Ce fait considérable fut bientôt confirmé par les expériences de M. Andrews exécutées sur une grande quantité de matière.

» L'importance de ces travaux, dans lesquels toutes les expériences sont discutées avec une sévère logique, fut un instant atténuée par la publication de nouvelles recherches exécutées dans le laboratoire de Heidelberg par M. Baumert, qui crut devoir conclure à l'existence de deux sortes d'ozone : un ozone simple, identique à celui qui provient de l'électrisation de l'oxygène pur, et un ozone composé, tel que celui qui prend naissance dans l'électrolyse de l'eau. Ce dernier n'était autre qu'un tritoxyde d'hydrogène. Les expériences de M. Andrews, qui consacra plusieurs années à l'étude de cette importante question, établirent que, dans l'électrolyse de l'eau, nul composé de la forme de HO^3 ne prend naissance, qu'il ne se forme absolument que de l'ozone. Ainsi le corps désigné sous le nom d'*ozone* n'était autre qu'une modification allotropique de l'oxygène.

» La densité de ce produit, signalée par MM. Andrews et Tait comme

étant beaucoup plus considérable que celle de l'oxygène normal, serait, d'après les expériences très-précises de M. Soret, représentée par le nombre 1,658, c'est-à-dire une fois et demie supérieure à celle de l'oxygène normal.

» Tel était l'état de la question lorsque, en 1855, M. Houzeau publia sur ce sujet important de nouvelles recherches, qu'il a poursuivies jusqu'à ce jour avec une ardeur infatigable. Chargés par l'Académie de vous rendre compte des travaux de l'auteur, nous allons avoir l'honneur de vous en donner une analyse succincte.

» Dans un premier Mémoire (1), M. Houzeau fit connaître un nouveau mode de préparation de l'ozone qui se distingue des précédents parce qu'il est purement chimique. Il consiste à faire agir à froid l'acide sulfurique concentré sur du bioxyde de baryum parfaitement pur. L'oxygène qui se dégage dans cette circonstance est odorant comme l'ozone, et, comme ce gaz, il jouit de la propriété, lorsqu'il est humide, de noircir l'argent et de décomposer l'iodure de potassium avec séparation d'iode et formation de potasse, résultat dont il a tiré parti postérieurement pour la solution des problèmes relatifs à la production de l'ozone dans des circonstances variées.

» Après avoir constaté que l'oxygène odorant préparé par la méthode précédente renfermait plus d'ozone que celui qu'on obtient par les procédés employés antérieurement, l'auteur émit l'opinion que l'oxygène odorant représentait l'état naissant de ce gaz, et que c'était sous cette forme qu'il était contenu dans les combinaisons chimiques. L'ozone constituait donc l'état primitif de l'oxygène, et la difficulté de l'obtenir à l'état concentré résultait de son activité chimique et de sa facile destruction sous l'influence de la chaleur.

» M. Houzeau signala dans ce travail quelques différences entre l'oxygène odorant préparé par l'action réciproque de l'acide sulfurique et du bioxyde de baryum, et celui qu'on obtient par les procédés de Van Marum et de Schœnbein. Le premier, suivant lui, brûlerait instantanément l'ammoniaque en le convertissant en un mélange d'azotite et d'azotate, et se détruirait à une température beaucoup plus basse que ne l'avaient admis M. Schœnbein d'une part, MM. Marignac et de la Rive de l'autre.

» Étudiant, dans un second Mémoire (2), les différentes méthodes qui

(1) *Comptes rendus*, t. XL, p. 947.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. LXII.

servent à préparer l'ozone, M. Houzeau conclut que ce principe, quel que soit le mode de sa production, possède une constitution identique à celle de l'oxygène actif fourni par le bioxyde de baryum. Il confirma les expériences d'Andrews, et démontra de la manière la plus nette que l'ozone ne saurait être considéré comme un trioxyde d'hydrogène, qu'il prend non-seulement naissance lorsqu'on fait passer une série d'étincelles dans de l'oxygène parfaitement sec renfermé dans des ampoules de verre, mais encore lorsqu'on a tapissé préalablement leurs parois intérieures d'une couche uniforme et légère d'acide phosphorique anhydre. L'eau ne fait donc pas partie intégrante de l'ozone, et n'est pas nécessaire à sa production.

» Dans un troisième Mémoire, M. Houzeau passe d'abord en revue les divers procédés employés pour apprécier la proportion d'ozone contenue dans un gaz et fait connaître ensuite une nouvelle méthode pour reconnaître et doser ce principe.

» Cette dernière consiste à remplacer le papier ioduro-amidonné de M. Schœnbein, par un papier de tournesol rouge vineux imprégné dans la moitié de sa longueur d'une dissolution au centième d'iodure de potassium neutre. Cette partie bleuit sous l'influence de l'ozone, par suite d'une formation de potasse, tandis que le chlore, le brome, les composés nitreux qui décomposent également l'iodure de potassium ne donnent lieu à aucune coloration semblable. La portion du papier de tournesol qui est privée d'iodure sert de témoin pour les principes alcalins; au contact du gaz ammoniac, par exemple le papier mi-ioduré bleuit dans toute sa longueur, tandis que l'ozone n'affecte que la partie qui est imprégnée d'iodure neutre.

» Ainsi qu'on le voit, il n'y a donc pas de confusion possible.

» M. Houzeau a pareillement fondé sur ce même principe une méthode volumétrique, rapide et exacte tout à la fois, pour le dosage de l'ozone. Elle consiste à apprécier le poids de ce dernier d'après la quantité de potasse produite, résultat auquel il parvient en faisant passer le gaz chargé d'ozone à travers une dissolution titrée d'acide sulfurique très-étendu, contenant de l'iodure de potassium neutre. Au contact de l'acide, l'ozone transforme nettement l'iodure de potassium en potasse qui s'unit à l'acide et en iode qui se précipite. On chasse l'iode en soumettant la liqueur à l'ébullition, puis, après le refroidissement, on détermine la proportion d'acide restant au moyen d'une eau de chaux titrée. Nous nous sommes assurés par nous-mêmes de l'exactitude des assertions de l'auteur. Si quelques

personnes les ont considérées comme erronées, c'est qu'elles n'ont pas fait usage de liqueurs suffisamment étendues et d'agents chimiques convenablement préparés, entre autres de l'iodure de potassium bien neutre.

» Appliquant à l'atmosphère sa méthode d'investigation, l'auteur reconnut dans l'air de la campagne l'existence d'un principe qu'il considéra comme de l'ozone, le papier de tournesol y bleuissant fréquemment dans la partie iodurée.

» Cette conclusion fut repoussée par M. Cloëz, qui constata que si le papier de M. Houzeau ne bleuit pas au contact des vapeurs nitreuses, lorsqu'elles sont en quantités notables (confirmant ainsi les assertions de ce dernier), il n'en était plus de même lorsque ces vapeurs étaient très-diluées. Dans son opinion, ce que dans certaines circonstances on avait pris pour de l'ozone pourrait bien n'être que de la vapeur hypoazotique.

» Dans le but de répondre à ces objections, l'auteur entreprit une série d'expériences que nous allons rappeler brièvement (1).

» Après avoir établi que l'acide azotique et l'acide hypoazotique étaient les seuls composés oxygénés de l'azote qui pussent exister à l'état de liberté dans l'atmosphère, il combat leur intervention relativement à la coloration des papiers ozonométriques.

» Il constate, par exemple, que c'est lorsque l'air manifeste les propriétés acides les moins prononcées, que les réactifs de l'ozone se colorent avec le plus d'intensité. Qu'en outre, si les composés nitreux étaient la cause des colorations que prennent dans l'air de la campagne ses papiers réactifs, on devrait constater l'existence de ces composés dans les surfaces absorbantes de nature alcaline qu'on expose à leur influence. Or, on n'a pu en retrouver, même après un temps orageux, dans l'air de la campagne, dont l'activité chimique était néanmoins signalée par les papiers mi-iodurés. Et cependant ces mêmes surfaces absorbantes, soumises à l'action d'une atmosphère rendue artificiellement nitreuse, à la dose de 0,00005 en volume, retiennent une proportion facilement appréciable d'azotate.

» Deux expériences comparatives faites avec de l'air de la campagne et de l'air contenant en volume 0,00005 d'hypoazotide (acide hypoazotique) ont, en effet, démontré que cette atmosphère artificielle agissait bien moins activement que l'air normal examiné comparativement, encore bien qu'on pût y déceler l'existence des composés nitreux. Ces derniers

(1) *Comptes rendus*, t. XLV.

ne sauraient donc être, d'après cela, la cause des altérations que l'air atmosphérique fait subir aux réactifs employés pour en constater l'activité chimique.

» Les observations si curieuses de M. Schœnbein relativement à la formation de l'eau oxygénée dans les conditions les plus diverses et la coloration qu'imprime cette substance au papier de tournesol vineux mi-ioduré suggérèrent à M. Fremy la pensée que la coloration observée dans beaucoup de circonstances par l'auteur, et attribuée par lui à l'ozone, pourrait bien être la conséquence de la formation de ce composé. Pour répondre à cette objection, M. Houzeau chercha tout d'abord une méthode qui lui permît de doser de très-faibles quantités d'eau oxygénée (1), et le meilleur procédé qu'il propose pour atteindre ce but consiste, comme pour le dosage de l'ozone, dans l'emploi de l'iodure de potassium et de l'acide sulfurique titré.

» S'agit-il de constater seulement la présence de l'eau oxygénée, M. Houzeau ajoute au liquide un mélange de chloroforme et d'iodure acidulé, non sans l'avoir toutefois fait bouillir préalablement avec une petite quantité d'acide sulfurique dilué pour détruire les chlorites, les hypochlorites, ou nitrites qu'il pourrait contenir et qui, en réagissant sur l'iodure, en déplaceraient l'iode à la manière de l'eau oxygénée elle-même. Ces précautions prises, quelque faible que soit la proportion d'iode mise en liberté, ce corps, en se dissolvant dans le chloroforme, lui imprime une coloration améthyste tout à fait caractéristique.

» On peut également mettre en évidence l'existence de très-faibles proportions de bioxyde d'hydrogène en faisant congeler partiellement la liqueur oxygénée, qu'on a soin d'agiter presque continuellement pour l'empêcher de se prendre en masse, puis ajoutant à la partie demeurée liquide une dissolution éthérée d'acide chromique.

» L'auteur nous a rendu témoins de deux expériences qui prouvent qu'il est possible de reconnaître par ce moyen la présence de l'eau oxygénée dans une dissolution qui n'en renferme qu'un vingt-cinq millionième de son poids.

» Mettant à profit cette méthode délicate d'analyse, M. Houzeau s'est mis à rechercher si l'activité chimique de l'air de la campagne ne devait pas être rapportée plutôt à la présence de traces d'eau oxygénée qu'à celle de l'ozone.

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. XIII.

» Or en examinant l'eau de pluie tombée en rase campagne(1), la rosée recueillie sur des herbes, la vapeur d'eau condensée sous forme de givre contre les parois d'un récipient fortement refroidi dans les diverses localités où il opérait, l'auteur n'a pu y reconnaître la moindre trace d'eau oxygénée, bien que, dans ces différents cas, l'atmosphère se soit montrée active à l'égard du papier de tournesol vineux mi-ioduré. Il suffisait au contraire d'ajouter $0^{mm},122$ de bioxyde d'hydrogène à 1 décilitre de l'eau de pluie ou à la rosée recueillie dans les expériences précédentes pour y déceler immédiatement l'existence de ce produit. D'où l'auteur conclut que la vapeur d'eau oxygénée ne saurait être la cause des altérations que l'atmosphère fait éprouver au papier de tournesol mi-ioduré employé comme réactif de l'ozone.

» Nous ajouterons que, dans la pensée de l'auteur, et c'est aussi la nôtre, les faits divers exposés dans ce Mémoire ne démontrent pas plus l'absence absolue de la vapeur d'eau oxygénée dans l'atmosphère que celle des composés nitreux. M. Houzeau ne certifie qu'une chose, c'est que si ces principes existent en réalité dans l'air atmosphérique, ils ne s'y rencontrent que dans des proportions tellement faibles, que les réactifs très-sensibles dont il fait usage ne permettent pas de les apprécier. Dans le cas où, quelque jour, on viendrait à découvrir des procédés plus sensibles que les précédents, qui permissent de déceler dans l'air normal l'existence des vapeurs d'eau oxygénée et celle des composés nitreux, les conclusions de l'auteur n'en conserveraient pas moins leur valeur scientifique. Ses déductions se rapportant à des faits comparables entre eux, il n'en demeurerait pas moins acquis, en effet, que, dans le lieu où a opéré l'auteur, la vapeur d'eau oxygénée pas plus que les composés nitreux n'étaient la cause des altérations que l'air de la campagne a fait subir aux papiers de tournesol mi-ioduré employés comme réactifs de l'ozone.

» On ne saurait nier que la substitution du papier de tournesol vineux mi-ioduré au papier de M. Schœnbein pour l'étude de l'air atmosphérique et de la météorologie chimique ne soit un progrès sérieux dont on doit tenir compte à M. Houzeau, car l'emploi de ce réactif circonscrit nettement le problème sur lequel les travaux du célèbre physicien de Bâle ont appelé l'attention du monde savant.

» Il est indubitable, en effet, que l'altération, par l'air de la campagne, du réactif de M. Houzeau prouve qu'elle est le résultat d'un phénomène

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. XIV.

d'oxydation qui se traduit par une formation de potasse, ce que ne pouvait permettre d'établir le papier ioduro-amidonné, qui se colore sous les influences les plus diverses.

» Indépendamment de son réactif, M. Houzeau invoque l'odeur si particulière de l'ozone, pour reconnaître sa présence dans l'air doué de propriétés comburantes énergiques, tel qu'on l'observe à la campagne, particulièrement à certaines époques. A cet effet, il prend deux couvertures de laine parfaitement identiques, dont l'une est maintenue dans une chambre close et inhabitée, tandis que l'autre est exposée pendant le même temps à l'air de la campagne. Il a constamment constaté que, tandis que cette dernière exhalait une odeur qui rappelle celle de l'ozone, la première demeurait toujours inodore. Malgré toute la valeur que ce caractère peut présenter à l'auteur, nous ne saurions y insister, cette appréciation étant toute personnelle.

» L'air de la campagne jouit, comme on le sait, de propriétés décolorantes. Il suffit de rappeler l'ancienne pratique du blanchiment des toiles écrues, qui consistait à les laisser exposées pendant quelque temps à la surface des prairies. L'auteur a constaté qu'il jouit également de propriétés désinfectantes. Des expériences comparatives faites avec du linge sale présentant une odeur très-manifeste, exposé partie dans de l'air ordinaire et partie dans une atmosphère où le papier de tournesol mi-ioduré révélait la présence de l'ozone, donnaient une démonstration des plus concluantes de ce fait.

» Plusieurs caractères chimiques concourent donc pour prouver l'analogie de propriétés qui existent entre l'air de la campagne et l'ozone, et pour établir qu'il est au moins probable que c'est à cet agent que l'atmosphère emprunte son activité signalée par le papier de tournesol mi-ioduré.

» Nous ajouterons que les conclusions de M. Houzeau, relativement à la présence de l'ozone dans l'atmosphère, signalée par lui dès 1857, ont été confirmées par les nouvelles observations de M. Schœnbein et par les expériences de M. Andrews, c'est-à-dire par deux des savants étrangers, dont la compétence, en pareille matière, ne saurait être contestée.

» Pour M. Schœnbein, il y a parfois de l'ozone dans l'air parce que, dans certains cas, cet air brunit, en le peroxydant, un papier imprégné de protoxyde de thallium, ce que ne sauraient produire ni l'eau oxygénée, ni les composés nitreux qui sont sans action sur cet oxyde.

» Pour M. Andrews, ce ne peuvent être ni le chlore, ni le brome, ni l'iode

qui colorent les papiers ozonométriques, parce que de l'air dans lequel on a répandu des traces de ces corps ne cesse pas de colorer le papier ioduro-amidonné, quand on le fait passer à travers un tube suffisamment chauffé, alors qu'au contraire de l'air actif placé dans les mêmes conditions de température perd immédiatement cette faculté, par suite de la transformation en oxygène inactif, qu'éprouve l'ozone sous l'influence de la chaleur.

» Ainsi, voilà trois expérimentateurs, MM. Schœnbein, Andrews et Houzeau qui, par des moyens très-différents et en opérant dans des localités fort éloignées les unes des autres, arrivent à cette même conclusion, qu'il y a de l'ozone dans l'air atmosphérique.

» Or M. Houzeau ne s'est pas borné à établir l'existence de ce principe dans l'air, mais il a recherché et déterminé les circonstances relatives à sa diffusion dans l'atmosphère. C'est ainsi qu'il a démontré :

» 1° Que dans la même station météorologique l'activité chimique de l'air due à la présence de l'ozone varie du jour au lendemain ;

» 2° Que, dans trois stations météorologiques (Paris, Rouen et campagne environnante), des observations faites le même jour, à la même heure et avec le même réactif, ont révélé, relativement à la manifestation de l'ozone, des différences très-considérables : d'où il faut conclure à l'influence des localités sur les propriétés chimiques de l'air ;

» 3° Que les saisons exercent la plus grande influence sur les manifestations de l'ozone atmosphérique, la proportion la plus considérable de ce principe se faisant remarquer durant le printemps et l'été, tandis qu'elle est relativement très-faible pendant l'automne et l'hiver : c'est surtout au mois de mai que la proportion d'ozone atteint son maximum ; tels sont les résultats constants fournis par huit années d'observations consécutives ;

» 4° Qu'il existe une relation intime entre l'apparition de l'ozone ou sa manifestation exagérée et les grandes perturbations atmosphériques, telles que trombes, ouragans, tempêtes ;

» 5° Que cette influence des grandes commotions atmosphériques sur la production ou le transport de l'ozone s'étend parfois à de très-grandes distances, et souvent même dans des régions où l'existence de ce principe n'est établie que par la coloration du papier de tournesol vineux mi-ioduré : ce qui prouve que les trombes, les ouragans, les tempêtes, qui, le plus souvent, traînent à leur suite la dévastation et la ruine au point de vue des intérêts matériels de l'homme, remplissent néanmoins un rôle important dans l'économie de la nature, puisqu'ils doivent être envisagés comme de puissants modificateurs de l'atmosphère.

» La manière dont l'auteur fait usage de son papier pour les observations dites *ozonométriques*, est des plus simples; elle consiste à exposer chaque jour à l'air un nouveau papier, soustrait à l'influence du soleil ou de la pluie par un entonnoir en carton renversé, et à noter chaque jour si le papier a ou n'a pas bleui.

» Dans ses conclusions, l'auteur n'a tenu aucun compte de l'intensité de la couleur développée par l'ozone, de sorte que les chiffres qu'il donne se rapportent au nombre de jours où l'ozone s'est manifesté et non à la proportion de ce principe. C'est ainsi, par exemple, qu'en 1861 la saison très-active (printemps et été) est représentée par cent quatre jours à ozone, tandis que la saison peu active (automne et hiver) l'est par quarante-deux jours seulement.

» L'auteur ne prétend pas pour cela que l'air, pendant les jours qui se sont montrés négatifs à l'égard de son papier, ne contenait pas d'ozone, mais qu'il en renfermait seulement une dose inappréciable à ce réactif.

» Indépendamment d'un certain nombre de points importants, relativement à la nature de l'ozone, que l'auteur a élucidés, il a fait connaître les faits suivants :

» 1° Un procédé chimique pour préparer l'ozone : action réciproque de l'acide sulfurique et du bioxyde de baryum à froid;

» 2° La nitrification instantanée de l'ammoniaque par l'ozone;

» 3° Une méthode exacte du dosage de ce principe;

» 4° Un papier réactif (papier de tournesol vineux mi-ioduré) pour reconnaître l'ozone plus sûrement que le papier ioduro-amidonné;

» 5° Une méthode exacte pour doser l'eau oxygénée et un moyen très-sensible pour apprécier des traces de cette substance;

» 6° La démonstration expérimentale de la présence de l'ozone dans l'atmosphère;

» 7° Enfin, l'influence que les saisons et les localités exercent sur les propriétés chimiques de l'air dues à l'ozone.

» On peut, en résumé, faire deux parts des travaux de M. Houzeau : les premiers se rapportent à la production de l'ozone par l'action réciproque de l'acide sulfurique et du bioxyde de baryum; les seconds sont relatifs à la recherche de l'ozone atmosphérique.

» Si la transformation partielle de l'oxygène en ozone au moment où ce gaz se sépare de ses combinaisons est un fait que les recherches de l'auteur ont mis hors de doute, peut-on dire qu'il ait résolu d'une manière incontestable la question relative à l'ozone atmosphérique? Nous ne saurions

être aussi affirmatifs, les corps les plus divers pouvant modifier les papiers réactifs dont il fait usage à la manière de l'ozone.

» C'est ainsi que, dans la nitrification, il se produit des phénomènes qui peuvent simuler l'action de l'ozone, en rendant alcalin l'iodure de potassium. Or il nous paraît bien difficile d'admettre que l'ozone puisse prendre naissance dans l'air sans que sa formation soit accompagnée de celle des produits nitreux, qui, à très-faible dose, d'après les expériences de M. Cloëz, doivent influencer les papiers réactifs comme l'ozone même. Il est vrai que M. Houzeau, par des expériences comparatives, a démontré le bleuissement de son papier de tournesol mi-ioduré, alors qu'il constatait, à l'aide de mouchoirs imprégnés de potasse, l'absence de nitrate et de nitrite.

» Nous avons examiné avec un intérêt tout particulier les essais qu'a faits M. Houzeau dans le but de prouver que les indications fournies par son papier ozonométrique exposé à l'air n'étaient pas dues à de la vapeur d'eau oxygénée.

» Ici encore, bien que la démonstration repose sur des expériences très-précises et exécutées avec beaucoup de soin, il nous paraît néanmoins prudent de faire quelques réserves, les appareils employés pour opérer la condensation de cette substance ayant pu en amener la décomposition.

» En un mot, il pourrait exister dans l'air quelque produit dont nous ne pourrions retrouver la trace, soit qu'il se fût décomposé après avoir exercé son action, soit qu'il s'y trouvât en quantités trop faibles pour que son existence puisse être constatée par les méthodes ordinaires.

» Tant qu'on n'aura pas établi la présence de l'ozone dans l'air normal par un caractère direct, n'appartenant qu'à ce corps, tel que l'oxydation à froid de l'argent humide, il sera permis de conserver des doutes sur l'existence de l'ozone dans l'air atmosphérique.

» Nous sommes loin de nier que l'ozone puisse se former dans l'air, son existence nous paraît même très-probable et les expériences si précises de l'auteur tendent à l'établir; mais nous ne saurions l'affirmer d'une manière aussi certaine qu'il croit pouvoir le faire d'après l'ensemble de ses expériences, et, pour l'admettre définitivement, nous attendons une démonstration sans réplique de ce fait important.

» Néanmoins, dans l'espoir que M. Houzeau ne tardera pas à donner cette preuve que la science est en droit d'exiger, et aussi pour reconnaître les difficultés considérables qu'il a déjà surmontées dans ses importantes recherches sur l'ozonométrie, nous n'hésitons pas à proposer à l'Académie

l'insertion des travaux de M. Houzeau sur cette matière, dans le *Recueil des Savants étrangers.* »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

GÉOMÉTRIE. — *Mémoire sur les courbes gauches algébriques.* Mémoire de **M. G. Halphen**, présenté par M. Chasles. (Extrait par l'Auteur.)

(Commissaires : MM. Chasles, Bertrand, O. Bonnet.)

« Dans le Mémoire que j'ai l'honneur d'adresser à l'Académie, je me suis posé la question suivante : *Trouver toutes les lignes gauches d'un degré donné;* et je suis parvenu à indiquer le moyen de résoudre entièrement ce problème.

» La même question peut être posée sous une autre forme : *Trouver toutes les courbes algébriques tracées sur les surfaces d'un degré donné.* On aperçoit immédiatement que la solution complète de l'un de ces deux problèmes entraîne celle de l'autre.

» La solution de ce second problème est contenue dans l'énoncé suivant : *Si l'on prend sur une surface de degré n chaque ligne* A, *de degré p, ayant au moins*

$$\frac{(p-n+1)(p-n+2)}{2}+\frac{(n-1)(n-2)(n-3)}{6}$$

points doubles apparents (points doubles de la perspective ne correspondant pas à des points doubles de la courbe), et qu'on y fasse passer une autre surface, cette surface coupe la surface de degré n, en outre, suivant une autre courbe B. *Les courbes* B *qu'on obtient ainsi en faisant varier p, et le degré de la seconde surface sont toutes différentes et constituent toutes les lignes existant sur la surface proposée. Le degré de la seconde surface est le plus petit degré des surfaces autres que celle de degré n qui passent par la courbe* B.

» Si l'on connaît donc toutes les courbes A, on pourra en déduire toutes les courbes tracées sur une surface de degré *n*. Or j'ai donné le moyen de trouver toutes ces lignes A. On peut donc considérer la question comme entièrement résolue.

» A l'égard des courbes tracées sur les surfaces du second ordre, ce théorème contient le cas particulier suivant, qui me paraît digne de remarque : *Les surfaces de degré minimum, qui passent par une ligne algébrique quelconque tracée sur une surface du second ordre, coupent, en outre, cette dernière seulement suivant des droites d'un même système.*

» Cette proposition conduit à répartir toutes les lignes algébriques tracées sur une surface du second ordre entre deux systèmes, comme les droites. On en déduit aussi le résultat suivant :

« Il existe, sur les surfaces du second ordre, des lignes gauches de degré p, dont le nombre des points doubles apparents est l'une quelconque » des valeurs de l'expression

$$\frac{p(p-1)}{2} - q(p-q),$$

» q étant un entier quelconque variant de p au plus grand entier contenu » dans $\frac{p+1}{2}$, et il n'en existe pas d'autres. Ces courbes sont sur des surfaces de degré q. »

» Le nombre minimum compris dans l'expression $\frac{p(p-1)}{2} - q(p-q)$, qui est le plus grand entier contenu dans $\left(\frac{p-1}{2}\right)^2$, est le nombre minimum des points doubles apparents des courbes gauches de degré p.

» Soit s le nombre des points doubles apparents d'une courbe de degré p. Tant que s est inférieur au plus grand entier contenu dans $\frac{(p-1)(p-2)}{3}$, il n'y correspond que des courbes tracées sur des surfaces du second ordre.

» Si s a une des valeurs quelconques comprises entre le plus grand entier contenu dans $\frac{(p-1)(p-2)}{3}$ et $\frac{p(p-1)}{2}$, il y correspond toujours des courbes de degré p, dont les dernières sont composées; et, parmi toutes ces lignes, il y en a, pour chaque valeur de s, une située sur une surface du troisième degré.

» Tant que s est inférieur à $\frac{3p(p-4)}{8}$, $\frac{3(p-1)(p-3)}{8}$, ou $\frac{3(p-2)^2}{8}$, suivant que p est congru à 0, ± 1, ou 2 (mod. 4), il n'y a pas d'autres courbes que celles qui sont situées sur des surfaces du second ou du troisième ordre. Là commencent les courbes tracées sur les surfaces du quatrième degré.

» Tant que s est inférieur à $\frac{(n-1)(p-r)(p-n+r)}{2n}$, n étant un entier inférieur à $\sqrt{p}$, et r le reste de la division de p par n, il n'y a pas de courbes qui ne soient situées sur des surfaces de degré $(n-1)$, ou de degré moindre. Là commencent les courbes tracées sur les surfaces du $n^{ième}$ ordre.

» Parmi les courbes gauches de degré p, celles dont le nombre des points doubles apparents est un des entiers de $\frac{(p-2)(p-3)}{2}+1$ à $\frac{p(p-1)}{2}$ [quand ce nombre est compris entre $\frac{(p-1)(p-2)}{2}+1$ et $\frac{p(p-1)}{2}$, la courbe est composée] sont particulièrement remarquables par cette propriété que, s étant le nombre des points doubles apparents de l'une d'elles, sa perspective est une courbe de degré p, quelconque, ayant s points doubles, ce qui n'arrive pas pour les autres courbes gauches. J'ai démontré que *ces courbes sont déterminées par $2p$ points.*

» Les cas particuliers déjà connus de ce théorème sont les suivants : p droites sont déterminées par $2p$ points; les deux courbes gauches du quatrième degré sont déterminées par 8 points, la courbe gauche du troisième degré est déterminée par 6 points. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Recherches sur la digestion artificielle des féculents par la maltine.* Mémoire de **M. L. Coutaret.** (Extrait.)

(Renvoi à la Section de Chimie.)

« La maltine ou diastase végétale, retirée d'une macération tiède d'orge germé, permet d'établir des digestions artificielles fort curieuses sur toutes les substances féculentes *cuites* employées dans les ménages. Ces digestions artificielles aboutissent, en moins d'une heure, à un liquide laiteux, composé de fécule non digérée, de dextrine et de glucose, et il est facile de démontrer la puissante production de ce dernier corps par ses réactifs ordinaires.

» Voici un résumé succinct des principaux faits observés dans ces digestions artificielles :

» 1° Une coction préalable complète est indispensable.

» 2° La maltine agit d'autant mieux qu'elle est plus rapprochée de son état primitif de végétation.

» 3° L'eau est absolument nécessaire pour ces digestions artificielles, et il faut étendre en moyenne de dix fois leur poids d'eau les féculents cuits pour obtenir une saccharification normale.

» 4° La maltine exerce sur les féculents une action dissolvante variable suivant les espèces : 1 gramme de maltine digère à peu près 1800 grammes à 2 kilogrammes de fécule cuite. Mais il est nécessaire de faire intervenir, pour chaque espèce, une quantité variable d'eau, et de prolonger, pendant

plus ou moins de temps, la durée de la réaction, pour arriver à un résultat semblable chez tous.

» 5° La température de 35 à 40 degrés centigrades est celle qui convient le mieux aux digestions artificielles.

» 6° Cette action saccharifiante de la maltine sur les fécules est absolument identique à celle de la diastase salivaire sur les mêmes substances alimentaires. Bien plus, ces deux diastases, végétale et animale, se confondent entièrement au point de vue de leurs propriétés physiques, chimiques et physiologiques. Elles possèdent aux mêmes doses la même puissance dissolvante sur les féculents cuits. Il n'existe donc, à proprement parler, pour le règne végétal et animal, qu'une seule diastase, et on peut affirmer sans hésitation que la maltine est une véritable salive artificielle, une ptyaline végétale.

» On devine par là toute l'importance que peut acquérir la maltine dans le traitement des dyspepsies. Les féculents forment la base de l'alimentation humaine. Dans la majeure partie des cas de dyspepsie, ce sont les féculents qui, se digérant mal, amènent les troubles dyspeptiques, et l'on constate alors qu'il y a absence, diminution ou altération de la salive. La maltine rend d'immenses services dans ces cas si communs et si rebelles; ce médicament rétablit la normalité des fonctions, en suppléant directement à l'absence, au défaut ou au vice de la sécrétion salivaire.

» Depuis bientôt six ans, je l'emploie chaque jour dans ma pratique médicale; j'en ai obtenu des effets surprenants. Après le régime et les eaux alcalines, je ne connais pas de médicament possédant, dans les mêmes conditions, autant d'innocuité et d'efficacité curative. »

M. **Goldenberg** adresse, par l'intermédiaire de M. le général Morin, un « Mémoire descriptif du système de ventilation appliqué aux meules et aux polissoirs des usines du Zornhoff, près Saverne ».

En présentant ce Mémoire à l'Académie, M. le général Morin s'exprime comme il suit :

« L'Académie a déjà encouragé, en 1847, les améliorations introduites par MM. Peugeot, grands fabricants de quincaillerie, dans leurs usines d'Hérimoncourt, département du Doubs, pour soustraire les ouvriers aiguiseurs à l'action dangereuse de la poussière des meules de grès. Cette question importante n'a pas cessé, depuis 1841, d'éveiller aussi la sollicitude des officiers d'artillerie attachés anx manufactures d'armes, et des

améliorations notables ont été, sous ce rapport, récemment encore apportées aux manufactures de Chatellerault et de Saint-Étienne.

» Le moyen généralement en usage consiste à déterminer l'évacuation à l'extérieur de la poussière développée par les meules, soit pendant le travail, si l'on aiguise à sec, soit pendant le tournage ou riflage des meules dont on régularise la forme. On emploie, à cet effet, un ventilateur aspirant, dont l'action oblige cette poussière à passer dans des canaux disposés sous les meules, et de là au dehors.

» Non content de suivre l'exemple de ses prédécesseurs et d'imiter en partie les dispositions qu'ils avaient adoptées pour atteindre un but si désirable, M. Alfred Goldenberg, directeur des importantes usines du Zornhoff, près de Saverne, s'est attaché à les perfectionner sous divers rapports et à en étendre l'usage aux polissoirs en bois, sur lesquels on achève l'aiguisage à l'aide de poussière d'émeri.

» Il présente aujourd'hui à l'Académie, au concours au prix pour les Arts insalubres, un Mémoire et des dessins complets qui font connaître les améliorations qu'il a introduites et les résultats satisfaisants qu'il a obtenus.

» Après avoir écarté les difficultés matérielles, souhaitons-lui de pouvoir maintenir des règles de service assez fermes pour vaincre la déplorable insouciance que les ouvriers apportent, malheureusement trop souvent, à se préserver eux-mêmes du danger permanent qui les menace et qui limite d'une manière si fatale la durée de leur existence. »

(Renvoi à la Commission des Arts insalubres.)

M. **Delaurier** adresse un Mémoire portant pour titre : « Nouvelle théorie générale de la production de l'électricité statique et dynamique, dite : *théorie électrothermique*, donnant la cause générale de la production de l'électricité par le frottement, par la chaleur, par les actions chimiques, etc. ».

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

M. J. **de Zycki** adresse, de Vilna, un Mémoire écrit en latin, sur « La pathologie et la thérapeutique du choléra ».

(Renvoi à la Commission du legs Bréant.)

M. G. ADELINE adresse une Note relative à sa précédente Communication sur « l'influence du cuivre, comme préservatif du choléra ».

(Renvoi à la Commission du legs Bréant.)

CORRESPONDANCE.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Aperçu d'une méthode directe et facile pour effectuer le développement de la fonction perturbatrice et de ses coefficients différentiels*. Mémoire de **M. S. Newcomb**, présenté par M. Delaunay.

« Dans les méthodes employées jusqu'ici pour obtenir le développement analytique de la fonction perturbatrice, les coordonnées des corps sont d'abord développées en fonction du temps; ces valeurs des coordonnées sont alors introduites tout entières dans l'expression qui donne la valeur de R; enfin les dérivées de R se déterminent en différentiant l'expression ainsi obtenue. Comme, par cette différentiation, les puissances des excentricités sont abaissées d'une ou plusieurs unités, il est nécessaire de pousser le développement jusqu'à des termes d'un ordre plus élevé que celui qu'on veut conserver dans les perturbations.

» Cette opération est longue et pénible, et nous n'avons eu, jusqu'à présent, aucun moyen de contrôler l'exactitude des résultats, si ce n'est de faire les mêmes calculs une seconde fois. On peut obtenir le développement, à l'aide du théorème de Maclaurin, par un moyen qui me paraît plus simple et plus élégant, et qui n'exige pas qu'on aille jusqu'à des puissances de l'excentricité supérieures à celles qu'on veut conserver dans les perturbations.

» Soient

ν, ν' les distances angulaires vraies des corps au nœud commun de leurs orbites;

λ, λ' les valeurs moyennes de ν, ν';

ρ, ρ' les logarithmes de leurs rayons vecteurs;

α, α' les logarithmes de leurs moyennes distances;

g, g' les anomalies moyennes;

σ le sinus de la demi-inclinaison mutuelle des orbites.

» J'emploie les logarithmes des rayons vecteurs au lieu des rayons vecteurs eux-mêmes, parce que d'importantes simplifications sont introduites

dans le développement lorsqu'on substitue les dérivées relatives à ρ et α à celles qui se rapportent à r et a. Mais, en écrivant les expressions, nous pouvons conserver r et a sans inconvenient.

» R est rigoureusement une fonction des cinq quantités ν, ν', ρ, ρ', σ. Mais, comme la présente méthode s'applique seulement au développement suivant les puissances des excentricités, nous supposerons que le développement relatif à σ a été tout d'abord effectué par la méthode ordinaire; et nous regarderons R comme une fonction des quatre variables ν, ν', ρ, ρ'. Nous aurons donc

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} R &= f(\nu, \nu', \rho, \rho'), \\ D_e R &= D_\nu R . D_e \nu + D_\rho R . D_e \rho, \\ D_{e'} R &= D_{\nu'} R . D_{e'} \nu' + D_{\rho'} R . D_{e'} \rho'. \end{aligned}\right.$$

J'emploie la notation de Cauchy D_x^n pour exprimer la $n^{ième}$ dérivée d'une fonction par rapport à x. Par ces expressions, nous pouvons obtenir $D_e R$ et $D_{e'} R$ au même degré d'approximation que nous avons obtenu R.

» Différentions la seconde des équations (1) n fois successivement; nous trouverons

$$(2)\quad \left\{\begin{aligned} D_e^{n+1} R = {} & D_e^n D_\nu R . D_e \nu + n D_e^{n-1} D_\nu R . D_e^2 \nu + \frac{n(n-1)}{2} D_e^{n-2} D_\nu R . D_e^3 \nu + \ldots \\ & + D_e^n D_\rho R . D_e \rho + n D_e^{n-1} D_\rho R . D_e^2 \rho + \frac{n(n-1)}{2} D_e^{n-2} D_\rho R . D_e^3 \rho + \ldots . \end{aligned}\right.$$

Pour former les dérivées partielles qui entrent dans cette expression, nous remarquerons que les valeurs de ν et ρ, que nous devons substituer dans R, sont

$$\begin{aligned} \nu &= \lambda + \left(2e - \frac{1}{4} e^3 + \ldots\right) \sin g + \left(\frac{5}{4} e^2 - \ldots\right) \sin 2g + \ldots, \\ \rho &= \alpha + \frac{1}{4} e^2 + \frac{1}{32} e^4 + \left(-e + \frac{3}{8} e^3 - \ldots\right) \cos g \\ &\quad + \left(-\frac{3}{4} e^2 + \ldots\right) \cos 2g + \ldots, \end{aligned}$$

$\nu - \lambda$ n'étant autre chose que l'équation du centre, et $\rho - \alpha$ la partie correspondante de $\log r$. ν, ν', ρ, ρ' étant de la forme

$$\begin{aligned} \nu &= \lambda + \varphi(e, g), \quad \nu' = \lambda' + \varphi(e', g'), \\ \rho &= \alpha + \psi(e, g), \quad \rho' - \alpha' + \psi(e', g'); \end{aligned}$$

il est facile de voir que nous aurons en général

$$D_\nu^m D_{\nu'}^{m'} D_\rho^n D_{\rho'}^{n'} R = D_\lambda^m D_{\lambda'}^{m'} D_\alpha^n D_{\alpha'}^{n'} R,$$

pourvu que, dans le second membre de cette équation, R soit exprimé en fonction de λ, λ', g, g', α, α', e, e'. Si donc nous remarquons que

$$D_e^n D_\nu R = D_e^n D_\lambda R = D_\lambda D_e^n R,$$

et que $D_e \nu$ ne contient pas λ, l'expression (2) devient

$$\begin{aligned} D_e^{n+1} R = {} & D_\lambda (D_e^n R \,.\, D_e \nu + n D_e^{n-1} R \,.\, D_e^2 \nu + \ldots) \\ & + D_\alpha (D_e^n R \,.\, D_e \rho + n D_e^{n-1} R \,.\, D_e^2 \rho + \ldots). \end{aligned}$$

» A l'aide de cette expression, nous pouvons former les dérivées successives par rapport à e; en les déduisant de celles qui les précèdent. Pour obtenir les valeurs des dérivées pour $e = 0$, nous remarquerons que, puisque la différentiation relative à λ n'affecte pas les exposants de e, et que $D_e^n \nu$ et $D_e^n \rho$ sont tous deux indépendants de λ, nous pouvons supposer $e = 0$, avant de différentier par rapport à λ. Nous aurons donc :

$$(3) \qquad \left\{ \begin{aligned} D_e^{n+1} R_0 = {} & D_\lambda (D_e^n R_0 \,.\, D_e \nu_0 + n D_e^{n-1} R_0 \,.\, D_e^2 \nu_0 + \ldots) \\ & + D_\alpha (D_e^n R_0 \,.\, D_e \rho_0 + n D_e^{n-1} R_0 \,.\, D_e^2 \rho_0 + \ldots). \end{aligned} \right.$$

Dans cette expression, nous avons

$$\begin{aligned} D_e \nu_0 &= 2 \sin g, & D_e \rho_0 &= - \cos g, \\ D_e^2 \nu_0 &= \frac{5}{2} \sin 2g, & D_e^2 \rho_0 &= \frac{1}{2} - \frac{3}{2} \cos 2g, \\ D_e^3 \nu_0 &= - \frac{3}{2} \sin g + \frac{13}{2} \sin 3g, & D_e^3 \rho_0 &= \frac{9}{4} \cos g - \frac{17}{4} \cos 3g, \\ & \ldots\ldots\ldots ; & & \ldots\ldots\ldots \end{aligned}$$

» Pour trouver les dérivées relatives à e', nous remarquerons que $D_e^n R$ est une fonction de ν' et ρ', et ne contient e' qu'en raison de ce que cette dernière quantité est contenue dans ν' et ρ'. Si donc nous posons

$$D_e^n R = R^{(n)},$$

nous aurons

$$(4) \quad \left\{ \begin{aligned} D_{e'}^m D_e^n R_0 = {} & D_{\lambda'} [D_{e'}^{m-1} R_0^{(n)} . D_{e'} \nu'_0 + (m-1) D_{e'}^{m-2} R_0^{(n)} . D_{e'}^2 \nu_0 + \ldots] \\ & + D_{\alpha'} [D_{e'}^{m-1} R_0^{(n)} . D_{e'} \rho'_0 + (m-1) D_{e'}^{m-2} R_0^{(n)} . D_{e'}^2 \rho_0 + \ldots], \end{aligned} \right.$$

l'expression se continuant sous la même forme que (3).

» Ayant poussé le développement aussi loin que nous le désirons, nous avons une preuve complète de son exactitude en montrant qu'il satisfait aux équations (2), qui sont équivalentes à

$$D_\lambda R \,.\, D_e \nu + D_\alpha R \,.\, D_e \rho = D_e R,$$
$$D_{\lambda'} R \,.\, D_{e'} \nu' + D_{\alpha'} R \,.\, D_{e'} \rho' = D_{e'} R.$$

» De plus, nous pouvons ainsi porter l'approximation à une puissance plus élevée de e par la formule

$$R = R_0 + \int D_e R . de.$$

» Pour montrer l'application de nos formules, considérons le cas des planètes. Nous avons

$$R_0 = \Sigma b^{(i)} \cos(i\lambda' - i\lambda) + \Sigma b_1^{(i)} \cos[(i+2)\lambda' - i\lambda] + \ldots,$$

$b^{(i)}$, $b_1^{(i)}$, ..., étant des fonctions bien connues de a, a' et σ. Nous arrêterons notre attention sur le premier terme. Si nous posons $L = \lambda' - \lambda$, et que nous conservions seulement ce terme, nous aurons

$$D_\lambda R_0 = \Sigma i b^{(i)} \sin i L,$$
$$D_\alpha R_0 = \Sigma D_\alpha b^{(i)} \cos i L.$$

Multipliant la première de ces valeurs par $2 \sin g$, la seconde par $-\cos g$, puis ajoutant et remarquant que $b^{(i)} = b^{(-i)}$, nous trouverons

$$D_e R_0 = -\Sigma (2 i b^{(i)} + D_\alpha b^{(i)}) \cos(g + iL).$$

Différentiant cette expression par rapport à λ et α, nous aurons

$$D_\lambda D_e R_0 = -\Sigma (2 i^2 b^{(i)} + i D_\alpha b^{(i)}) \sin(g + iL),$$
$$D_\alpha D_e R_0 = -\Sigma (2 i D_\alpha b^{(i)} + i D_\alpha^2 b^{(i)}) \cos(g + iL).$$

Calculant la somme

$$2 \sin g . D_\lambda D_e R_0 - \cos g . D_\alpha D_e R_0 + \frac{5}{2} \sin 2g . D_\lambda R_0 + \left(\frac{1}{2} - \frac{3}{2} \cos 2g\right) . D_\alpha R_0,$$

nous aurons

$$D_e^2 R_0 = \sum \left(2 i^2 b^{(i)} + D_\alpha b^{(i)} + \frac{1}{2} D_\alpha^2 b^{(i)}\right) \cos i L$$
$$+ \sum \left[\left(2 i^2 - \frac{5}{2} i\right) b^{(i)} + \left(2i - \frac{3}{2}\right) D_\alpha b^{(i)} + \frac{1}{2} D_\alpha^2 b^{(i)}\right] \cos(2g + iL).$$

La manière de continuer ce procédé est évidente.

» La méthode s'applique tout aussi facilement au cas de la Lune troublée par le Soleil. »

OPTIQUE. — *Sur la méthode suivie par* L. Foucault, *pour reconnaître si la surface d'un miroir est rigoureusement parabolique.* Note de **M. Ad. Martin**, présentée par M. H. Sainte-Claire Deville.

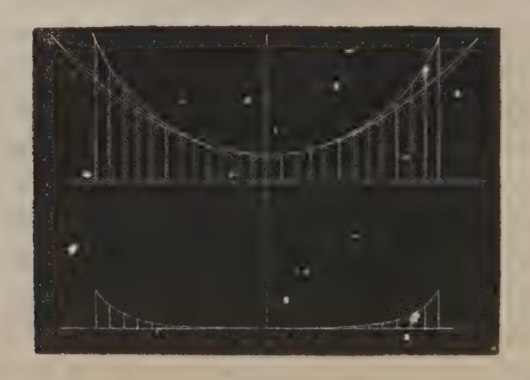
« Dans le Mémoire sur la construction des télescopes en verre argenté, inséré dans le cinquième volume des *Annales de l'Observatoire impérial*, L. Foucault a exposé la méthode qu'il suivait alors pour transformer en paraboloïde la surface du miroir qu'il avait amenée à la figure d'un ellipsoïde de révolution. Ses travaux ultérieurs l'ayant conduit à la modifier, je crois utile de publier celle qu'il lui a substituée et de donner quelques indications théoriques sans lesquelles elle ne pourrait être comprise. Je dois d'ailleurs supposer que le lecteur a sous les yeux le Mémoire cité.

» Si, devant un miroir rigoureusement parabolique, on place un point lumineux au voisinage du centre de courbure correspondant au sommet, les rayons qui en émanent viennent, après leur réflexion à la surface, se couper en des points successifs dont l'ensemble constitue une caustique analogue à celle représentée dans la *fig.* 11 du Mémoire cité, et qui, pour une position du point lumineux très-voisine du centre de courbure, devient facile à construire à l'aide de la développée de la parabole. En plaçant l'œil dans des conditions telles qu'il reçoive le faisceau réfléchi entier sur la pupille, ce qui fait paraître le miroir uniformément éclairé (p. 7, 2e paragraphe) et faisant mouvoir un écran à bords rectilignes transversalement au faisceau refléchi, de droite à gauche par exemple, et en avant du sommet de la caustique, on intercepte successivement les rayons qui viennent des bords de droite du miroir, tandis que si l'écran est en arrière du sommet de la caustique vers l'observateur, les rayons interceptés seront ceux qui viennent des bords de gauche.

» On voit donc que la concordance entre la marche de l'écran et celle de l'extinction annonce que les rayons éteints n'étaient pas encore arrivés à converger avec ceux qui les avoisinent, et que la marche inverse de l'écran et de l'extinction qu'il produit indique que la convergence est dépassée et que ces rayons divergent. Appliquons ceci à l'effet produit par l'écran marchant transversalement de droite à gauche, d'abord au sommet de la caustique, puis successivement dans des plans qui s'éloignent de plus en plus du miroir.

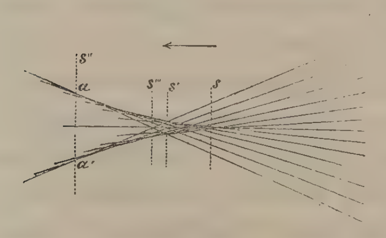
» Au sommet de la caustique, l'écran rencontre d'abord les rayons qui, venant du bord de droite du miroir dont le rayon de courbure est un peu plus grand que celui du centre, convergent tardivement; il les arrête; la

surface s'assombrit donc vers la droite, et, comme au voisinage du sommet, les rayons qui viennent du centre sont en concordance à peu près parfaite, on verra au centre du faisceau une étendue paraissant à peu près uniformément éclairée, et qui, ainsi que cela a été expliqué dans ce cas (p. 8, ligne 2), s'assombrira d'une manière égale en tous ses points avant de subir l'extinction complète. L'aspect qui se produira à l'œil en ce moment, sera donc celui d'un plateau à bords renversés, dont la section s'obtient par la construction ordinaire du solide que Foucault a appelé *solide différentiel*, et qui, dans ce cas, est donné par la différence entre les ordonnées de la surface parabolique en observation et celle de l'ellipsoïde osculateur au sommet, dont les foyers sont : l'un le point lumineux et l'autre le point de l'axe coupé par l'écran.



» La production de l'apparence du plateau donne donc la position du foyer des rayons réfléchis par la partie centrale du miroir.

» Si maintenant on dispose l'écran dans un plan plus reculé vers l'observateur, il donne d'abord l'apparence représentée dans la *fig.* 14 du Mémoire cité; puis, dans une station plus éloignée en s'' par exemple, au delà du point s' où il cesse de rencontrer des rayons qui n'ont pas encore convergé, il coupe d'abord la caustique dans la région de droite et arrête par conséquent les rayons qui viennent de la gauche du miroir au point de celui-ci,



où se réfléchissent les rayons qui viennent se couper en a. L'écran, continuant à se mouvoir dans le même plan s'', éteindra successivement tous les rayons, et lorsqu'il arrivera en a', il ne laissera plus passer que quelques rayons qui formeront l'apparence d'une tache blanche sur la

droite du miroir. Ces rayons ont subi la réflexion au lieu même où se produit la tache blanche.

» L. Foucault cherchait la position s'' de l'écran qui produit l'extinction dernière, sur les bords mêmes du miroir. Cette distance, qui est liée à la différence des rayons de courbure aux bords et au centre du miroir, c'est-à-dire à la forme de celui-ci, avait été déterminée avec soin par lui pour les diverses grandeurs de miroirs, et par des mesures nombreuses. Il l'appelait la *mesure de parabolicité*.

» Pour les miroirs qu'il a construits, le diamètre était le sixième du foyer ou le douzième du rayon de courbure; ces miroirs étaient donc semblables, et la mesure de parabolicité était proportionnelle au diamètre du verre, et dans les expériences où il employait toujours le même point lumineux de $\frac{1}{5}$ de millimètre environ de diamètre, cette mesure était égale à sept fois (à très-peu près) la flèche des bords du miroir.

» Un autre moyen de mesure lui servait concurremment avec le précédent; il était fondé sur l'emploi du microscope oculaire, avec lequel il recevait le faisceau de rayons réfléchis.

» Lorsque le foyer de ce microscope est placé en s au sommet de la caustique, on a une image bien nette du point lumineux et des petites irrégularités qui peuvent se trouver sur le contour de celui-ci; cette image est entourée d'une auréole d'aberration qui va en se fondant vers les bords, et qui est due aux rayons marginaux qui convergent tardivement. Si l'on recule le microscope vers soi, jusqu'à ce que son foyer soit en s', au point de croisement des rayons des bords, avant leur convergence avec les rayons centraux qui commencent à diverger, tous les rayons passent alors dans l'anneau s', et, sans donner d'image proprement dite, produisent en ce point l'apparence d'un cercle dépourvu d'aberration et à bords bien déterminés. Puis, au delà, les rayons coupent l'axe, et l'image se perce au centre en s''', d'un point relativement obscur, qui s'élargirait en reculant encore le microscope.

» Ce phénomène, qui se produit d'une manière bien nette, permet de constater la valeur de la courbure des bords : si la source lumineuse était un point mathématique, la distance ss''' serait précisément égale au double de la flèche ou abscisse du bord du miroir, et si la surface est bien parabolique, en limitant son étendue par des diaphragmes de grandeur convenable, on doit trouver que la distance ss''', qui varie avec chaque grandeur de diaphragme, est proportionnelle au carré de l'ouverture de celui-ci.

» L. Foucault ne s'est pas borné à l'observation précédente, faite au centre de courbure, il a aussi déterminé la mesure de parabolicité relative à d'autres stations du point lumineux. Un miroir qui, étudié sur les étoiles, avait justifié de la perfection de sa surface, lui servait alors à trouver les valeurs numériques de la parabolicité par l'emploi de l'écran à bords rectilignes.

» La recherche à l'aide du microscope de la distance ss''' se fait ici très-facilement, en considérant que, au point où se perce l'image du point lumineux, on est au foyer annulaire des bords, et que, pour trouver cette position, il suffit de résoudre le problème suivant : *La position de la parabole et du point lumineux* L *situé sur son axe restant fixes, chercher les foyers conjugués* L' *des ellipses successives qui, ayant le même axe que la parabole, sont tangentes à celle-ci en des points qui, partant du sommet, s'éloignent de plus en plus de lui.*

» Celui de ces points L' pour lequel l'image se perce est celui pour lequel le contact de l'ellipse et de la parabole a lieu sur le bord même du miroir.

» Les résultats que donne le calcul dans la résolution du problème précédent sont parfaitement d'accord avec les nombres que fournissent des miroirs qui, étudiés sur le ciel ou par collimation avec d'autres miroirs identiques, amenés à la même mesure de parabolicité étudiée au centre de courbure, donnent les meilleurs signes de perfection.

» Il y a lieu de remarquer que cette recherche de la parabolicité est plutôt un guide à consulter qu'un but à atteindre effectivement, l'influence des oculaires se faisant toujours sentir dans l'image définitive. Quand on a obtenu une surface qui approche de cette forme théorique, il y a encore lieu d'associer le miroir à l'oculaire comme Foucault l'a indiqué et constamment mis en pratique.

» Enfin il a imaginé une méthode à laquelle il a donné le nom d'*autocollimation,* et qui lui permettait de s'assurer de la perfection d'une lunette destinée aux observations astronomiques : je la décrirai rapidement, et je donnerai les modifications que j'ai dû lui faire subir pour l'appliquer à l'étude des miroirs paraboliques.

» Ce sera l'objet d'une prochaine Communication. »

CHIMIE. — *Sur une nouvelle espèce de thermomètres.* Note de **M. A. Lamy**, présentée par M. H. Sainte-Claire Deville.

« Il y a environ six mois, j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie une Note concernant un nouveau pyromètre fondé sur les phénomènes de dissociation (1). Je terminais cette Note, en disant que je serais naturellement conduit à « généraliser l'emploi du nouvel instrument, par le choix » de substances diverses, dont les conditions de dissociation permettraient » d'embrasser l'échelle à peu près complète des températures. »

» Cette extension du principe de la dissociation à la construction des thermomètres en général m'aurait permis, sans doute, de donner à ma Communication le titre de : « Note *sur une nouvelle espèce de thermomètres* ».

» Mais alors mon but était d'appeler tout particulièrement l'attention de l'Académie sur l'importance que j'attache au nouveau pyromètre. Aujourd'hui, pour montrer mieux encore tout le parti qu'on peut tirer des thermomètres fondés sur le même principe, je viens soumettre au jugement de l'Académie un instrument de cette nature, destiné simplement à l'évaluation des températures ordinaires.

» Au premier abord, il peut paraître superflu de chercher de nouveaux instruments pour mesurer les températures inférieures à 300 degrés, puisqu'on possède, pour cet objet, les thermomètres à air et à mercure qui offrent toute la précision désirable.

» Mais s'agit-il d'apprécier les variations de la température dans un puits, un trou de sonde, ou plus généralement dans une couche plus ou moins profonde du sol, de l'Océan ou de l'atmosphère, les thermomètres fondés sur la dissociation auront une incontestable supériorité sur tous les autres, en ce qu'ils permettront de suivre ces variations, à une distance pour ainsi dire quelconque, de la façon la plus sûre et la plus commode, dans le cabinet même de l'observateur, et chaque fois qu'il pourra plaire à celui-ci de jeter les yeux sur le manomètre indicateur.

» On n'a pas oublié, en effet, que la tension d'un gaz abandonné par un corps partiellement décomposé sous l'influence de la chaleur ne dépend pas du volume de ce gaz, ou, ce qui est la même chose, de la capacité du récipient qui le renferme, mais seulement de la température du corps ; de

(1) Séance du 2 août 1869.

sorte que celle-ci restant constante, la tension de dissociation reste aussi constante. C'est, en un mot, une tension maxima, comme celle de la vapeur d'eau à saturation.

» Pour faire choix de la substance la plus propre à remplir le but particulier que je me proposais, il m'a suffi de recourir à un Mémoire remarquable publié par M. Isambert *sur la dissociation de certains chlorures ammoniacaux* (1). Les nombreuses expériences, qui sont consignées dans ce travail, peuvent être considérées comme les plus importantes parmi celles qui ont contribué à établir la loi de dissociation découverte par M. Henri Sainte-Claire Deville, parce qu'ayant été faites à des températures inférieures à 200 degrés, faciles à produire et à évaluer, elles ont permis de mesurer exactement les tensions *maxima* de dissociation correspondant à ces températures.

» Or, si l'on examine la table des tensions relatives au composé de chlorure de calcium et d'ammoniaque, représenté par la formule $CaCl, 4AzH^3$, on reconnait qu'entre zéro et 46°,2, les tensions du gaz ammoniac varient depuis 120 millimètres jusqu'a 1551 millimètres, c'est-à-dire comprennent une course de la colonne mercurielle du manomètre, d'un diamètre d'ailleurs arbitraire, égale à $1^m,431$! Ce composé est donc éminemment propre à la construction d'un thermomètre des plus sensibles, pour l'évaluation des températures comprises entre zéro et 46 degrés centigrades.

» Je n'ai pas besoin d'ajouter que, pour une partie différente de l'échelle thermométrique, il faudrait faire choix d'un autre composé, parmi ceux que présente le Mémoire de M. Isambert.

» Le chlorure de calcium ammoniacal étant une poudre très-légère, qui ne peut que conduire mal la chaleur, j'ai renoncé au verre, d'ailleurs trop fragile, pour matière de l'enveloppe du nouveau thermomètre. L'enveloppe que j'ai choisie est en cuivre étamé; elle est formée d'une petite boîte ronde aplatie, qui constitue le réservoir, de la largeur d'une pièce de cinq francs à peu près, sur une hauteur de 7 à 8 millimètres, et d'une tige creuse, fixée en son milieu, de 4 à 5 millimètres de diamètre, et de 15 centimètres de longueur. Par l'extrémité libre de la tige, on a introduit dans la boîte 3 à 4 centimètres cubes, ou un gramme au plus, du chlorure $CaCl, 4AzH^3$, bien sec; puis cette extrémité a été soudée à un tube en plomb de $1^{mm},51$ environ de diamètre intérieur, et d'une longueur suffisante pour aller, du milieu où doit être placé le réservoir, au mano-

(1) Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Paris en juillet 1868.

mètre qui doit marquer les tensions (1). Ce manomètre n'est autre chose qu'un tube de verre à deux branches contenant du mercure, le long duquel est disposée une échelle divisée en millimètres. — Un simple tube droit, de 80 centimètres de longueur, plongeant dans une cuvette à mercure, suffirait dans le cas, où l'on ne devrait pas estimer de températures au-dessus de 30 degrés. — L'air de tout l'appareil a été aspiré, au moyen d'une petite pompe, par l'extrémité de la branche ouverte du manomètre, et remplacé par du gaz ammoniac sec et pur. Enfin, on a chassé l'excès de ce gaz, en chauffant avec précaution le réservoir à chlorure ammoniacal, de manière qu'à la glace fondante la tension, devenue constante, fût celle de la table dressée par M. Isambert, ou 120 millimètres.

» Ainsi construit, le thermomètre est en même temps gradué, puisque la table en question donne le degré correspondant à la tension observée, rapportée, bien entendu, à la pression barométrique, au moment de l'observation (2). On peut, d'ailleurs, s'affranchir de l'obligation de consulter le baromètre, en fermant hermétiquement la branche du manomètre, après y avoir fait le vide.

» Un pareil instrument n'est ni coûtenx, ni fragile, ni d'un maniement délicat. Sa sensibilité, sous le double rapport de l'étendue des indications et de la rapidité de leur transmission, est des plus remarquables. En outre, comme dans tous les appareils fondés sur le même principe, cette sensibilité devient d'autant plus grande que la température s'élève davantage. Mais son principal mérite, celui par lequel il se distingue de tous les autres thermomètres connus, le thermo-électrique de M. Becquerel excepté, c'est qu'avec cette grandeur d'indications des plus apparentes, et par une simple lecture, il fait connaître, à chaque instant, la température exacte du milieu plus

(1) Dans le dernier de ces instruments que j'ai construits, le tube de communication entre le réservoir et le manomètre a 20 mètres de longueur.

(2) Le réservoir du thermomètre peut être encore plus petit que celui dont j'ai donné les dimensions. Pour des recherches délicates, de variations très-faibles de température, il pourrait avoir à peine la largeur d'une pièce de dix centimes sur une hauteur de 4 à 5 millimètres. En effet, 1 gramme du chlorure, $CaCl, 4AzH^3$, ne contenant pas mois de 758 centimètres cubes de gaz ammoniac, $0^{gr},2$ de ce composé en renfermeraient encore bien assez pour suffire à l'accroissement de volume résultant de la dépression du mercure dans le manomètre (diamètre : 5 à 6 millimètres), sans que la tension de dissociation cessât d'être celle qui convient au composé en question : de même qu'une très-petite quantité d'eau peut fournir de la vapeur *saturée* en quantité suffisante, dans un tube barométrique où la variation de volume n'est autre que celle qui résulte de l'accroissement de tension.

ou moins éloigné où le réservoir est plongé; car, je le répète, la tension observée, ou le degré, dépend uniquement de la température même de la substance contenue dans ce réservoir, et nullement de son volume, pas plus que du volume ou de la température des autres parties de l'appareil jusqu'au manomètre.

» A cause de ces avantages, que j'ai déjà signalés dans ma Communication sur le pyromètre à marbre, les thermomètres fondés sur les lois de la dissociation sont d'un emploi très-général, et sont appelés, si je ne me fais pas illusion, à rendre de précieux services, aussi bien pour la mesure des hautes températures dans la science et l'industrie, que pour la mesure des basses températures dans la météorologie et la physique du globe. Ils seront utilisés dans bien d'autres circonstances que je ne saurais indiquer ici, et, notamment, toutes les fois qu'on voudra estimer sûrement des variations de température très-faibles, ou bien, sans se déranger, suivre ces variations sur un point plus ou moins éloigné du lieu où l'on est placé. J'ajoute enfin que, par des combinaisons faciles à imaginer, tous ces thermomètres pourront être transformés aisément, au besoin, en instruments enregistreurs, régulateurs ou avertisseurs. »

« **M. Becquerel** fait remarquer qu'en ce qui concerne la détermination des températures dans le sol à diverses profondeurs, il a donné, il y a plusieurs années, une méthode basée sur l'emploi des courants thermo-électriques qui est très-simple, très-exacte et très-sensible, et qui est même employée dans plusieurs établissements. Cette méthode, suivie au Muséum depuis 1863, donne journellement la température de 5 mètres en 5 mètres, jusqu'à une profondeur de 36 mètres; M. Becquerel fait connaître tous les ans à l'Académie les observations recueillies et les conséquences qui en résultent pour la physique du globe; cette méthode lui paraît préférable à celles qui ont été proposées pour atteindre le même but, attendu, d'une part, qu'elle est exempte de causes d'erreur provenant de changements dans les masses des substances employées dans les appareils basés sur les changements de volumes des corps, et, de l'autre, que les appareils étant pour ainsi dire indestructibles, puisqu'ils sont entourés de béton, permettront de reconnaître dans l'avenir si la température du terrain parisien a éprouvé des variations. »

MINÉRALOGIE. — *Nouvelles observations sur le diamant découvert à Dlaschkowitz (Bohême).* Extrait d'une Lettre de **M. A. Schafaritz** à M. H. Sainte-Claire Deville.

« ... J'ai l'honneur de vous annoncer que la pierre de Dlaschkowitz a subi l'épreuve du feu. L'essai chimique a simplement confirmé le résultat tiré de l'étude des caractères physiques, et j'avoue franchement que, dans ma conviction, ces derniers suffisent à la rigueur pour constater si une pierre de 57 milligrammes est du diamant ou non. Certainement, à propos du diamant, le doute était permis, et je vous remercie de m'avoir fait voir l'importance de l'essai chimique, dont la parfaite réussite me donne à présent une agréable satisfaction. J'avais disposé un appareil de manière qu'on pût y brûler le diamant ; et, avant de faire l'essai sur la pierre de Dlaschkowitz, j'ai brûlé devant une Commission, dans le même appareil, quelques éclats de diamant ordinaire. Il va sans dire qu'après cela, le tube de combustion et l'eau de baryte furent changés.

» Comme je n'ai pu pratiquer de rainure dans notre pierre, j'ai dû renoncer au clivage et rogner la pierre à l'aide d'une forte pince ; les cinq éclats détachés par ce procédé un peu rude pesaient ensemble 2 milligrammes et disparurent en moins de quinze secondes dans l'oxygène.

» Quant à la *probabilité* que l'on trouve du diamant dans le sable pyropifère, je regrette d'avoir accentué d'une manière trop prononcée l'origine plutonique de la plupart des minéraux du sable de Dlaschkowitz, mais c'est une vue particulière à moi, qui ne peut en rien préjudicier aux faits. La gangue du pyrope, c'est la serpentine ; à quelques lieues à l'ouest de Dlaschkowitz, on a le remarquable petit bassin de Méronitz, entouré de collines de basalte, et rempli d'un conglomérat calcaire assez compacte, qui renferme les mêmes pierres précieuses que le sable de Dlaschkowitz et en outre de nombreux fragments de serpentine décomposée, parsemés de pyrope. M. Reuss attribue l'origine du corindon, du spinelle, du zircon, de la cyanite, etc., au gneiss ; je pensais au basalte, ayant en vue le beau basalte d'Unkel (Prusse rhénane), parsemé de zircon et de corindon bleu. Du reste, déjà dans ma Communication du 24 janvier, j'ai désigné explicitement le sable de Dlaschkowitz comme une formation mixte, due au contact, peut-être sous-marin, du basalte avec le terrain crétacé ; il aurait fallu ajouter : la serpentine et le gneiss. Aujourd'hui, j'ai la satisfaction de pouvoir m'appuyer sur l'opinion de mon cher maître en minéralogie, le vénérable professeur P. Rose, qui m'a écrit le 31 janvier :

« Il est bien intéressant que du diamant ait été trouvé dans le terrain pyropifère de Bohême; mais enfin les circonstances dans lesquelles il se présente en Bohême ne diffèrent pas beaucoup de celles du Brésil. Le grénat de Bohême a pour gangue originaire la serpentine, car on en trouve dans vos alluvions des échantillons contenant du pyrope. Mais la serpentine n'est jamais une roche primitive; elle peut très-bien provenir d'une amphibolite ou de quelque roche semblable, qui se trouve au Brésil avec l'itacolumite et qui contient du diamant, tout à fait comme l'itacolumite. Espérons que, l'attention une fois éveillée, on trouvera bientôt d'autres diamants en Bohême: où il y en a un, il y en aura plusieurs.... »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Combinaisons des hydracides avec l'éthylène et le propylène bromés.* Note de **M. Reboul**, présentée par M. Balard.

« On sait qu'il est très-facile d'enlever une molécule d'acide bromhydrique au bromure d'éthylène, qui se transforme alors en éthylène bromé, C^2H^3Br. Inversement, cet éthylène bromé peut fixer directement une molécude de l'hydracide et donner naissance, non à du bromure d'éthylène, mais à un isomère, le bromhydrate d'éthylène bromé, qui bout à 110 degrés, tandis que le bromure d'éthylène bout à 130 degrés. C'est là un fait que j'avais observé déjà depuis longtemps, mais qui n'avait pas encore été publié. Tout récemment, en répétant cette synthèse, je fus fort étonné d'obtenir, non du bromhydrate d'éthylène bromé, mais le bromure d'éthylène lui-même. L'acide bromhydrique, en se fixant directement sur l'éthylène bromé, peut donc donner soit l'un, soit l'autre de ces corps, et cela, on va le voir, dans des conditions fort peu différentes. Il en est de même pour le propylène bromé, qui se transforme, par l'addition de HBr, soit en bromure de propylène, soit en bromhydrate de propylène bromé. L'indication rapide des expériences qui m'ont permis de déterminer les conditions dans lesquelles il faut se placer pour avoir à volonté l'un ou l'autre des deux composés bromés isomères, tant dans la série de l'éthylène que dans celle du propylène, fera l'objet principal de cette Note; j'y indiquerai aussi les raisons qui me font regarder comme très-probable l'identité des bromhydrates d'éthylène et de propylène bromés avec les bromures d'éthyle et de propyle bromés.

» I. L'acide bromhydrique en solution aqueuse très-concentrée transforme, soit à froid, soit à chaud, l'éthylène bromé en bromure d'éthylène. Moins concentré, il donne avec lui, toujours par addition directe, du bromhydrate d'éthylène bromé.

» De l'éthylène bromé pur, bouillant à + 18 degrés, a été mis en contact avec un excès (trois à quatre fois son volume environ) d'une solution aqueuse d'acide bromhydrique saturée à la température +6 degrés. La com-

binaison s'effectue assez rapidement à froid, et il se forme du bromure d'éthylène. On agite de temps en temps. Au bout de trois heures, la proportion de bromure d'éthylène est déjà assez grande pour que le composé primitif, plus léger que la solution acide, soit devenu plus lourd et occupe la partie inférieure du vase. Après quarante heures de contact, on sépare la couche inférieure, qu'on distille après l'avoir lavée et séchée. Il passe d'abord de l'éthylène bromé inaltéré, puis le point d'ébullition monte de plus en plus rapidement jusqu'à 127-128 degrés. Tout le reste, et c'est plus de la moitié du tout, passe de 128 à 130 degrés. Ce liquide, qui se concrète en une masse cristalline, soit dans la glace, soit dans un mélange réfrigérant, présente la composition et les caractères du bromure d'éthylène. Il est peut-être mélangé avec une très-petite quantité du bromhydrate isomérique avec lui.

» A 100 degrés et en vase clos, la solution saturée d'acide bromhydrique à $+6$ degrés agit de la même manière, mais plus rapidement. Au bout de quinze à dix-huit heures, la transformation de l'éthylène bromé en bromure d'éthylène est à peu près complète.

» Mais, si l'on prend cette même solution et qu'on l'étende du tiers de son volume d'eau, ce qui donne un acide marquant 55 degrés à l'aréomètre de Baumé, on constate qu'elle agit d'une manière toute différente. La combinaison s'effectue lentement à 100 degrés et en vase clos, mais il ne se forme plus trace de bromure d'éthylène. Si au bout de vingt à trente heures on distille le liquide inférieur, fortement coloré, après l'avoir séparé, lavé et séché, il passe d'abord beaucoup d'éthylène bromé inaltéré, puis le point d'ébullition monte de plus en plus rapidement jusque vers 108-109 degrés, et tout le reste passe de 109 à 114 degrés. Cette portion, recueillie à part et redistillée, se résout presque en totalité en un liquide bouillant à 110 degrés, sous la pression $0^m,740$. C'est le bromhydrate d'éthylène bromé (1).

» C'est un liquide incolore, d'une odeur agréable, ne se congelant point, même par un froid de -18 degrés. Sa densité à $+10$ degrés est 2,129; celle du bromure d'éthylène à la même température est 2,198; différence : 0,069. L'éthylène de soude et la potasse alcoolique lui enlèvent HBr et le transforment en éthylène bromé.

---

(1) Dosage du brome :

	I.	II.	Théorie.
Br.	84,9	85,0	85,1

La production du bromhydrate d'éthylène bromé est accompagnée de la formation d'une petite quantité d'une matière solide brune, qui est probablement un polymère du bromhydrate ou de l'éthylène bromé.

» L'action de l'acide bromhydrique sur le propylène bromé (qui bout de 54 à 55 degrés) donne lieu aux mêmes observations que celles qui viennent d'être faites à propos de l'éthylène bromé. Avec la solution aqueuse saturée à + 6 degrés, on obtient du bromure de propylène, $C^3H^6.Br^2$ (passant de 140 à 143 degrés), tandis qu'avec cette solution étendue du tiers de son volume d'eau, c'est l'isomère $C^3H^5Br.HBr$ qui se produit.

» Le bromhydrate de propylène bromé (1) est un liquide incolore qui bout à 122 degrés, sous la pression $0^m,740$, c'est-à-dire 20 degrés environ plus bas que le bromure de propylène. Cette différence est la même que celle qui existe entre les deux composés correspondants dans la série de l'éthylène. Sa densité à + 9 degrés est égale à 1,895; celle du bromure de propylène à la même température étant 1,955; différence : 0,06. L'alcool sodé et la potasse alcoolique le transforment en propylène bromé.

» Chauffés pendant vingt-quatre heures à 100 degrés et en vase clos avec une solution très-concentrée d'acide bromhydrique (saturée à + 6 degrés), les deux bromhydrates restent inaltérés. S'ils ne peuvent pas se former en présence de l'acide bromhydrique fumant, une fois faits, celui-ci n'exerce aucune action sur eux.

» Peut-être que, suivant son état de concentration, l'acide bromhydrique, en agissant sur les hydrocarbures C^nH^{2n}, donnera lieu à des faits du même ordre que ceux qui viennent d'être signalés à propos de leurs dérivés monobromés. C'est un point que je me propose d'examiner sous peu.

» II. Lorsqu'on chauffe pendant quelques heures à 170 degrés, et dans des tubes très-résistants, 1 équivalent de bromure d'éthyle avec 2 équivalents de brome, comme l'a fait M. Hofmann, on peut séparer du produit de la réaction, par la distillation fractionnée, une certaine quantité de bromure d'éthyle bromé, $C^2H^4Br.Br$, qui offre la même composition que le bromure d'éthylène et le bromhydrate d'éthylène bromé. Il bout de 110 à 112 degrés; sa densité est 2,132 à + 10 degrés; par conséquent, même densité et même point d'ébullition que le bromhydrate, à de très-légères différences près, explicables par la présence d'une trace du composé bromé supérieur (bromure d'éthyle bibromé identique, suivant Caventou, avec le bromure d'éthylène bromé) dont la distillation fractionnée ne peut le débarrasser.

---

(1) Analyse :

	I.	II.	Théorie.
Br	79,1	79,1	79,2

» L'identité des deux corps semble donc probable; elle le devient encore plus si l'on examine comment ils se comportent en présence de l'alcool sodé.

» 30 grammes de bromure d'éthyle bromé ont été traités par une quantité d'éthylate de soude contenant le poids de sodium nécessaire pour lui enlever la moitié de son brome. On distille au bain d'huile, et l'on précipite par l'eau. L'huile obtenue, distillée, se résout en grande partie en éthylène bromé; le restant est un liquide passant de 107 à 112 degrés qui, à l'analyse, a donné les nombres qui correspondent à la formule $G^2H^4Br^2$: c'est du bromure inaltéré. Le bromure d'éthyle bromé se comporte donc comme un bromhydrate, et non comme un éther bromhydrique qui eût dû donner de l'éther monobromé, C^2H^4Br, C^2H^5O, ou peut-être par une action ultérieure, le dérivé oxéthylé de celui-ci.

» Le bromhydrate d'éthylène bromé, traité de la même manière, a fourni identiquement les mêmes résultats. Il y a donc très-probablement identité, et il doit en être de même pour le bromhydrate de propylène bromé et le bromure de propyle bromé, encore inconnu, je crois.

» III. L'acide iodhydrique donne lieu à des phénomènes du même ordre que l'acide bromhydrique, quoique un peu différents. J'y reviendrai dans une prochaine Note, ainsi que sur l'action de l'acide chlorhydrique. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des haloïdes libres et de quelques chlorures sur la glucose.* Note de **M. Al. Colley**, présentée par M. Wurtz.

« A la température ordinaire le chlore n'agit pas sur la glucose anhydre. A partir de 80 degrés, celle-ci prend une légère teinte verdâtre, mais sans s'altérer sensiblement, jusqu'à 112 degrés. Mais à cette dernière température il se produit, tout d'un coup, une réaction très-vive; la glucose noircit, se boursoufle, et il reste une masse charbonneuse qui ne réduit plus le tartrate cupro-potassique.

» Le brome agit d'une manière analogue. Les tubes scellés qui contenaient le mélange éclataient régulièrement, dès que la température atteignait 80 degrés.

» L'iode n'agit pas sur la glucose, qui demeure inaltérée, le mélange étant exposé pendant plusieurs mois au soleil ou chauffé à la température de 80 degrés.

» En présence de l'eau, les résultats sont différents. Le chlore attaque la

glucose hydratée, à la température ordinaire. Ces faits étant connus, je n'y insiste point.

» Chauffée à 70 degrés au milieu d'un courant de gaz chlorhydrique, la glucose brunit et finit par se convertir en une poudre noire sèche : elle se carbonise.

» L'action du chlorure d'acétyle sur la glucose est très-nette, et donne lieu à la formation d'un dérivé acétylé. Elle s'accomplit à la température ordinaire, avec dégagement de chaleur. Il est bon d'introduire les deux corps dans des tubes que l'on a le temps de sceller. En employant 5 molécules de chlorure d'acétyle pour 1 molécule de glucose sèche $C^6H^{12}O^6$, on obtient, comme produit de la réaction, une masse incolore et transparente. Lorsqu'on ouvre les tubes, préalablement refroidis, à l'aide d'un mélange réfrigérant, du gaz chlorhydrique s'échappe avec violence ; dès que le dégagement a cessé, on reprend le résidu par le chloroforme, on agite la solution chloroformique avec le carbonate de soude, puis on la dessèche sur quelques fragments de chlorure de calcium. Le chloroforme étant chassé, il reste une masse demi-liquide incolore, transparente, sans odeur, douée d'une saveur amère. Cette substance est insoluble dans l'eau, très-soluble dans l'alcool, l'éther et le chloroforme; peu soluble dans le sulfure de carbone. La benzine n'en dissout que des traces. Elle dévie le plan de polarisation à droite; $[\alpha] = +147$ degrés.

» Dans certaines conditions, non encore déterminées, ce corps peut cristalliser : je l'ai obtenu une fois sous forme d'une masse cristalline parfaitement sèche, les parois du vase lui-même s'étant revêtues de figures cristallines. Ayant pensé que, sous cette forme, il offrait les plus grandes garanties de pureté, je l'ai soumis à l'analyse. Les nombres obtenus conduisent à la formule $C^6H^7(C^2H^3O)^4O^5Cl$. C'est donc un dérivé glucosique analogue à l'acéto-chlorhydrine de M. Berthelot et on peut le nommer *acétochlorhydrose*.

» La solution alcoolique de l'acétochlorhydrose est précipitée par le nitrate d'argent, qui lui enlève tout son chlore. Lorsqu'on le chauffe avec un mélange d'acide sulfurique et d'alcool, ce corps développe l'odeur de l'éther acétique. Il réduit le tartrate cupropotassique. Chauffé dans de l'eau, en vase clos, il se décompose et noircit. Soumis au même traitement dans des vases plats, à l'air libre, il reste incolore et régénère la glucose. Chauffé dans le vide, il distille partiellement entre 150 et 240 degrés. Le produit distillé, qui présente la plus grande ressemblance avec la substance primitive, possède un pouvoir rotatoire moitié plus faible; $[\alpha]_j = 71°$.

» Le corps qui vient d'être décrit n'est pas le seul produit de l'action du chlorure d'acétyle sur la glucose : il se forme en même temps de l'acide acétique libre. J'ai reconnu, à l'aide d'une disposition expérimentale que je décrirai dans mon Mémoire, que cet acide prend naissance dans la proportion exacte de 1 molécule pour 1 molécule de glucose décomposée. J'ai établi, de plus, que 5 molécules de chlorure d'acétyle interviennent dans la réaction, et que cette proportion est nécessaire et suffisante. J'ajoute que l'acide chlorhydrique est le seul produit gazeux de la réaction. En conséquence, j'exprime cette dernière par l'équation suivante :

$$\underbrace{C^6H^{12}O^6}_{\text{Glucose.}} + \underbrace{5C^2H^3OCl}_{\text{Chlorure d'acétyle.}} = \underbrace{C^6H^7(C^2H^3O)^4Cl}_{\text{Acétochlorhydrose.}} + \underbrace{C^2H^4O^2}_{\text{Ac. acétique.}} + 4HCl.$$

» Les expériences qui ont été décrites dans ce Mémoire prouvent que la glucose dextrogyre est un composé pentatomique, c'est-à-dire qu'elle contient cinq restes, OH (oxhydryles), capables d'être échangés contre des restes d'acides. Mais, comme la glucose contient 6 atomes d'oxygène, il en résulte que le sixième atome de O n'y est pas contenu sous forme d'oxhydryle. On pourrait supposer que cet atome d'oxygène est lié par ses deux atomicités à un seul et même atome de carbone. Il en serait ainsi si la glucose contenait le groupe aldéhydique CHO ou le groupe acétonique CO. Mais les réactions de la glucose excluent une semblable hypothèse. Il semble donc rationnel d'admettre que l'atome d'oxygène dont il s'agit joint ensemble deux atomes différents de carbone, et qu'en conséquence la glucose possède une constitution analogue à celle des dialcools (alcool diéthylénique). Seulement, comme le nombre d'atomes d'hydrogène non contenus dans la molécule $C^5H^7(OH)^5O$ sous forme d'oxhydryle est impair (7), il en résulte que les deux hydrocarbures formant le radical complexe de la glucose ne seraient pas identiques, comme dans les dialcools, mais différents. »

PHYSIOLOGIE. — *La strychnine comme antidote du chloral.* Note de **M. O. Liebreich**, présentée par M. Wurtz.

« M. Oscar Liebreich, après avoir découvert l'effet thérapeutique du chloral, a cherché et trouvé l'antidote de ce puissant agent.

» Il a été mis sur la voie par l'observation d'un cas de trismus qui, après une durée de huit jours, a été immédiatement guéri par le chloral. Ce fait l'amena à produire chez des animaux un tétanos par la strychnine,

pour observer l'effet du chloral sur cette maladie artificielle. Il constata que le chloral diminuait l'effet de la strychnine, à la condition d'être donné très-promptement après l'administration de l'alcaloïde toxique.

» Un résultat beaucoup plus important a été obtenu dans une autre série d'expériences que M. Liebreich a faites après celle-ci, et qui avait pour but de démontrer l'effet de la strychnine sur des animaux empoisonnés par des doses mortelles de chloral. Nous citons une de ces expériences qui nous paraît tout à fait concluante.

» Deux lapins reçoivent chacun 2 grammes de chloral (dose mortelle); après une demi-heure, tous deux se trouvent dans un sommeil narcotique profond; la résolution musculaire est telle, que tout leur corps se trouve dans un relâchement complet, qui rappelle celui d'un cadavre; la respiration est faible et ralentie. On injecte alors à l'un des deux $1\frac{1}{2}$ milligramme de strychnine. Déjà, dix minutes après cette injection, la respiration commence à revenir plus active, l'animal réagit quand on l'irrite, mais il n'y a pas de convulsions; les muscles recouvrent leur tonicité; quand on étend les pattes de l'animal, il les retire à lui. Deux heures après, le lapin est assis, et, quatre heures après l'injection, il est tout à fait revenu à son état normal. L'autre lapin, au contraire, qui n'avait pas reçu de strychnine, est mort deux heures et demie après l'application du chloral.

» Un troisième lapin qui n'avait pas reçu de chloral, mais seulement $1\frac{1}{2}$ milligramme de nitrate de strychnine, mourut dix minutes plus tard, après de violentes convulsions tétaniques. Rien de semblable ne s'était manifesté après l'injection de la strychnine chez le lapin qui avait reçu du chloral préalablement. Il résulte de ces expériences que la strychnine, appliquée après une dose trop forte de chloral, en abrége et élimine l'effet, et cela sans produire l'action nuisible qui lui est propre. C'est pourquoi M. Liebreich propose de se servir des injections de nitrate de strychnine comme antidote dans les accidents produits par un effet trop énergique du chloral et du chloroforme. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle combinaison phosphorée*. Note de **MM. L. Darmstaedter** et **A. Henninger**, présentée par M. Wurtz.

« Dans l'intention de préparer la cyanophosphide $CAzPhH^2$, nous avons fait réagir l'hydrogène phosphoré en solution éthérée sur le chlorure de cyanogène. La réaction se fait facilement à 100 degrés, et nous avons ob-

tenu, après la distillation de l'éther, un liquide sirupeux qui se solidifie en l'abandonnant dans une atmosphère sèche.

» La masse solide comprimée entre des feuilles de papier buvard et recristallisée dans l'éther, a fourni à l'analyse des chiffres correspondant à la formule

$$Ph \begin{cases} CAz \\ C^2H^5 \\ H \end{cases}$$

» Le nouveau corps, qui est la cyanéthylphosphide, cristallise en tables rhombiques, fondant de 49 à 50 degrés, volatiles sans décomposition. Il est facilement soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther.

» La réaction se fait donc comme nous l'avions supposé, avec cette différence qu'une molécule d'éther y prend part, comme l'indique l'équation suivante :

$$CAzCl + PhH^3 + (C^2H^5)^2O = CAzPhH(C^2H^5) + HCl + C^2H^5.OH.$$

» La cyanéthylphosphide ne se forme qu'en petite quantité, ce qui nous a empêchés de donner une preuve directe de la présence de l'éthyle. Cependant, en la traitant par un mélange oxydant, nous avons constaté l'odeur de l'aldéhyde ou de l'acide acétique.

» Nous avons, en outre, commencé à étudier l'action de l'hydrogène phosphoré sur le gaz chloroxycarbonique, sur l'éther acétique et quelques chlorures acides ; nous espérons pouvoir présenter bientôt les résultats de ces expériences à l'Académie.

» Ce travail a été fait dans le laboratoire de M. Wurtz. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la formation de glaçons à l'intérieur des plantes*. Mémoire de **M. Prillieux**, présenté par M. Duchartre. (Extrait par l'Auteur.)

« Quand on examine les parties encore tendres et succulentes des plantes, telles que les pétioles des fleurs, les jeunes pousses et les tiges herbacées qui sont restées exposées à un froid d'au moins 2 ou 3 degrés au-dessous de zéro, on y reconnaît facilement la présence de gros glaçons situés au milieu du tissu cellulaire, le plus souvent près de la surface, parfois plus profondément dans le parenchyme cortical, très-souvent aussi dans la moelle. Les pétioles des feuilles fournissent de ce fait des exemples très-frappants et faciles à observer. Si l'on examine par la gelée un pétiole de violette, de consoude ou de chélidoine, par exemple, on voit qu'il est

gonflé d'une façon inaccoutumée; si l'on enlève l'épiderme, ou si l'on fait une coupe transversale, on voit qu'aux gonflements correspondent de grandes masses de glaces, et que ce sont elles qui font saillie en soulevant l'épiderme. Dans ces plantes, et c'est le cas le plus fréquent, on trouve dans les pétioles trois de ces grands glaçons situés près de la surface, l'un à la face supérieure, les deux autres symétriquement disposés à droite et à gauche de la médiane à la face inférieure; dans d'autres pétioles, ceux de la rose trémière, par exemple, il n'y a qu'un seul glaçon qui forme un cylindre complet de glace. Ces glaçons ne sont pas constitués par une masse homogène de glace, mais sont composés d'aiguilles de glace juxtaposées et toutes à peu près parallèles les unes aux autres. Elles sont disposées perpendiculairement à la surface, et aussi par conséquent perpendiculairement à l'étendue des glaçons. Leur forme n'est pas bien nettement arrêtée; elle rappelle assez bien celle de colonnes de basalte, et sont ainsi pressées les unes contre les autres. Dans leur intérieur, on voit de petites bulles d'air, qui se sont dégagées quand le liquide où cet air était dissous s'est congelé. Ces aiguilles de glace, formées à l'intérieur des tissus vivants, sont tout à fait pareilles à celles qui composent la croûte de glace qui se produit à la surface d'une tranche d'un tissu succulent, d'une tranche de betterave, par exemple, que l'on expose à la gelée en ayant soin de l'abriter contre une trop rapide évaporation. On trouve de grands glaçons, composés d'aiguilles de glace juxtaposées près de la surface, dans les tiges comme dans les pétioles. Tantôt ils sont isolés, tantôt ils sont unis en un cylindre de glace; tantôt ils sont très-voisins de l'épiderme, tantôt ils sont plus ou moins profondément situés dans le parenchyme cortical. La moelle en contient aussi le plus souvent un grand nombre. J'ai indiqué de nombreux exemples de ces diverses dispositions dans le Mémoire que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie; ils suffisent, je pense, pour établir que la formation de glaçons dans les tissus vivants des plantes sous l'action de la gelée est un fait normal.

» Parfois les glaçons prennent un tel développement, qu'ils rompent les tissus qui les entourent. Cela est surtout frappant pour les grandes masses de glace superficielles qui, à force de grandir, déchirent les tissus qui les recouvrent et se montrent au dehors, à travers les lambeaux de l'écorce. Je l'ai observé en particulier au commencement de cet hiver, sur des tiges d'hortensia, saisies par le froid en pleine végétation. Des faits analogues et plus frappants encore ont été plusieurs fois signalés; on a vu des plantes présenter des lames rayonnantes de glace striée, de plus d'un pouce

de largeur. Ces lames occupent la position des glaçons, qui se forment d'ordinaire dans les tiges et ont la même structure; seulement, elles ont, dans des conditions particulières, pris un développement excessif.

» Les lacunes où les masses de glace se forment sont limitées par des cellules intactes. Les cellules du parenchyme dans lequel se produisent les lacunes sont décollées, séparées les unes des autres, mais non déchirées. Le fait est facile à constater sur les tissus gelés, même après le dégel. Il faut bien admettre, en conséquence, que la glace n'a pas rompu les parois des cellules, et qu'elle a réellement pris naissance en dehors d'elles, et aussi que les matières qui ont produit les glaçons sont sorties des tissus voisins à l'état liquide.

» Il résulte encore du fait constaté, de la formation de glaçons dans des lacunes entourées de cellules entières et non déchirées, que la sortie des liquides des cellules et leur accumulation dans les espaces intercellulaires sont antérieures et non postérieures à la congélation; et par conséquent, il n'est pas nécessaire, pour expliquer les phénomènes que présentent les organes gelés au moment du dégel, tels que la molesse des tissus, la fanaison des feuilles, la présence des liquides dans les espaces intercellulaires et la facilité avec laquelle la moindre pression les fait couler au-dehors, de supposer que les membranes des cellules altérées par la gelée laissent filtrer, après le dégel, les liquides qu'elles contiennent, puisque le liquide sort des cellules avant la formation des glaçons et non après le dégel.

» La formation, au milieu des tissus vivants, de lacunes où se déposent les amas de glace ne cause pas d'ordinaire de dommages notables aux plantes; on trouve des lacunes très-grandes et très-nombreuses dans des espèces qui ne souffrent pas de la gelée. »

« M. Trécul, voyageant au commencement de l'hiver de 1848 à 1849 sur les bords de l'Arkansas, eut l'occasion d'observer à la base de tiges herbacées desséchées, privées de leurs feuilles, hautes de $1^{m},50$ environ, plusieurs rayons de glace tels que ceux qui viennent d'être décrits, mais beaucoup plus considérables, puisqu'ils avaient environ 1 décimètre de hauteur et 6 à 8 centimètres de largeur. Ces glaçons rayonnants posaient sur le sol par leur partie inférieure. La tige n'ayant que la grosseur du petit doigt, il était impossible que l'eau de ces glaçons fût fournie seulement par la partie de la tige sur laquelle ils étaient placés. D'où venait-elle? Il semble probable que l'eau montait des racines, et qu'arrivée au-dessus du sol, elle était rejetée hors de la plante sous la forme rayonnante qui vient d'être signalée. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Recherches chimiques et thérapeutiques sur l'eau thermo-minérale de la solfatare de Pouzzoles; par* **M. S. DE LUCA.**

« Dans ma précédente Communication, faite à l'Académie le 2 novembre 1868, j'ai fait savoir que mes études m'avaient permis de soupçonner, dans l'eau de la solfatare de Pouzzoles, la présence de quelques corps ayant échappé jusqu'alors à l'analyse chimique, et qui pourraient jouer le principal rôle dans l'action thérapeutique de cette eau. J'ai l'honneur aujourd'hui de soumettre au jugement de l'Académie les résultats de la suite de mes recherches : ils démontrent l'existence de l'arsenic dans cette même eau.

» Pour cette recherche, j'ai opéré sur une très-grande quantité d'eau, évaporée au dixième de son volume, et j'y ai constaté l'arsenic, au moyen de l'appareil de Marsh. Le gaz dégagé brûlait avec une flamme légèrement pâle et blanchâtre; cette flamme déposait sur la porcelaine des taches brunes et miroitantes, qui étaient solubles dans l'acide nitrique et fournissaient ensuite de l'arséniate d'argent, couleur rouge brique, par l'addition de l'ammoniaque et de l'azotate d'argent. Ce gaz réduisait aussi la solution d'azotate d'argent, avec formation d'acide arsénieux. Lorsqu'on le chauffait sur son passage dans un tube étroit d'un verre vert, il se formait un anneau brun, à éclat métallique, volatil, et transformable en acide arsénieux blanc par l'action de la chaleur et de l'oxygène.

» La présence de l'arsenic a été aussi constatée au moyen du procédé employé par Thenard, dans son remarquable travail sur les eaux du mont Dore. Ce procédé consiste à introduire, dans le tube étroit de verre vert dont l'appareil de Marsh est muni, un fil de cuivre rouge, qui, après avoir été bien décapé, puis contourné en spirale, est enfin chauffé et refroidi dans un courant d'hydrogène pur et desséché par de la potasse caustique. L'arsenic se fixe sur le cuivre ainsi préparé, et la partie où le métalloïde est retenu devient d'un gris blanc, tandis que le reste de la spirale conserve son éclat et sa couleur naturelle.

» *A priori*, on pouvait supposer la présence de l'arsenic dans l'eau de la solfatare de Pouzzoles. Cette substance, en effet, existe à l'état de sulfure dans les terres de l'ancien cratère, et particulièrement aux endroits où la température est élevée et où le dégagement des matières gazeuses est considérable, conditions qui se trouvent toutes deux continuellement réunies dans la grande fumerolle qui sort de ce qu'on appelle la *bouche de la solfatare*. On produit d'ailleurs, pour ainsi dire à volonté, le sulfure d'ar-

senic d'un rouge éclatant : il suffit d'introduire, dans la bouche, des corps solides, tels que pierres, briques, charbons, porcelaine, terre cuite, tubes de verre, fragments de bois et même du papier, qui tous se recouvrent de petits cristaux du même sulfure arsénical : ces cristaux se déposent sur le bois et sur le papier après leur carbonisation.

» L'expérience a démontré, ce que l'on pouvait également soupçonner, que l'eau thermale qui se trouve à la profondeur de dix à douze mètres au-dessous du sol dans le vaste cratère de la solfatare, et qui est le résultat de la condensation des vapeurs des nombreuses fumerolles et des infiltrations des eaux de pluie, à travers ces terrains volcaniques, contient, quoique en petite quantité, de l'arsenic.

» Je donne les poids des matières dosées dans un litre d'eau de la solfatare de Pouzzoles. Les voici :

	gr
Acide sulfurique (calculé anhydre)	1,473
Chlore	0,0085
Protoxyde de fer	0,1105
Chaux	0,101
Magnésie	0,0225
Potasse	0,017
Ammoniaque	0,0135
Alumine	0,335
Silice	0,315
Soude, manganèse, arsenic, matières organiques azotées, etc.	traces.
Eau	997,603
Total	1000,000

» D'où il résulte que, dans l'eau de la solfatare de Pouzzoles, il existe de l'acide sulfurique libre ; car la quantité de cet acide, dosée dans un litre d'eau, dépasse de beaucoup celle qui serait nécessaire pour saturer les bases, même en les supposant à l'état de bisulfates de protoxydes. Par conséquent, le poids de 997^{gr},603 d'eau représente, non-seulement le liquide qui sert de dissolvant des matières dosées, mais aussi l'eau basique de l'acide sulfurique libre, et celle de constitution du composé ammoniacal et de l'alun complexe contenus dans ladite eau minérale.

» Il n'est pas inutile de remarquer que, par l'évaporation et la concentration de cette eau thermale, on a un alun parfaitement cristallisé, dans lequel, outre l'alumine, l'acide sulfurique et la potasse, on constate de l'ammoniaque, du protoxyde de fer, de la chaux et de la magnésie, formant

ainsi un alun complexe par des moyens naturels. Dans les environs de Pouzzoles, se trouvent plusieurs sources d'eaux thermo-minérales, mais aucune d'elles n'est chargée d'acide sulfurique à l'état libre.

» L'eau de la solfatare de Pouzzoles pourra acquérir un jour une importance industrielle. L'analyse que je donne montre qu'il est possible de l'utiliser pour la fabrication des aluns et pour la préparation du bleu de Prusse. Mais, dès à présent, son action thérapeutique a été constatée par des expériences nombreuses : elle a un très-grand effet sur l'économie animale. On l'emploie à Naples, avec beaucoup de succès, sous forme d'application externe (lavages, bains entiers, douches, etc.) dans les maladies cutanées et les affections scrofuleuses; elle a même pu être donnée en boisson à la dose de 15 à 45 grammes. On l'a appliquée aussi, par de simples lavages, à la guérison des plaies anciennes et gangréneuses presque incurables, d'écoulements invétérés qui avaient résisté aux traitements ordinaires.

» Les résultats de l'analyse quantitative de l'alun complexe qu'on obtient par la concentration de l'eau de la solfatare de Pouzzoles, et ceux du dosage des matières dont on n'avait signalé jusqu'ici que des traces, seront l'objet d'une prochaine Communication à l'Académie. »

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Causes de la déhiscence des anthères* (suite). *Rôle de la deuxième membrane*. Note de **M. Ad. Chatin**.

« II. Mirbel, Purkinje, et tous les botanistes avec eux, ont admis sans conteste, jusqu'à l'époque de mes premières recherches sur les anthères, que la déhiscence de celles-ci était sous la dépendance exclusive, absolue, de la deuxième membrane, qu'on croyait être toujours composée de ces cellules dites *cellules découpées* par l'anatomiste français, *cellules fibreuses* par le savant allemand, *cellules à filets* par M. Alphonse de Candolle. L'hygroscopicité des filets de ces cellules, les mouvements dont ils pouvaient être le siége, sous l'influence alternative de la sécheresse et de l'humidité, paraissaient donner, de la déhiscence, même en dehors de toutes preuves expérimentales, une explication aussi satisfaisante que générale.

» Mais, du moment que je reconnus que les cellules dites *fibreuses* manquent dans les anthères d'un grand nombre de plantes, telles que les *Badula*, *Cassia*, *Diospyros*, *Lycopersicon*, beaucoup d'Orchidées, d'Asclépiadées, d'Orobanchées, d'Aroïdées, et chez les familles entières des Ericacées, Pyrolacées, Monotropées, Épacridées (?), Mélastomées, on dut chercher ailleurs que dans le jeu des cellules fibreuses l'explication de la déhiscence.

» Une fois assuré que les cellules à filets n'étaient pour rien dans la déhiscence des anthères qui en manquent, on se demanda si, dans le cas commun de l'existence de ces cellules, celles-ci ont réellement un rôle actif. La croyance à l'action de la membrane fibreuse avait été générale, la réaction contre l'hypothèse ancienne fut vive, presque absolue. La membrane épidermique parut appelée à hériter du grand rôle d'abord attribué à l'*endothecium* de Purkinje.

» Or j'ai indiqué, dans une précédente Communication, qu'il est impossible, en considérant dans son ensemble la structure de l'anthère, d'expliquer dans toutes les plantes la déhiscence par l'action seule de la membrane épidermique; je dois maintenant faire connaître des faits qui s'opposent à ce que la membrane fibreuse soit dépossédée de tout rôle dans le phénomène de la déhiscence.

» Et, d'abord, pourquoi cette existence si générale, qu'on la crut absolument constante, des cellules fibreuses, si ces cellules n'ont à remplir qu'un rôle passif?

» Pourquoi ces cellules ne revêtent-elles ordinairement leur caractère propre qu'au moment de la déhiscence, si vraiment elles sont étrangères à celle-ci?

» Serait-on bien fondé à refuser toute action à la membrane fibreuse, quand avec elle coexiste seulement une membrane épidermique, réduite presque à un plan, comme dans le *Dahlia*, etc.?

» Si d'ailleurs on pouvait conserver quelques doutes sur le rôle efficace que peut remplir dans la déhiscence la membrane fibreuse, ces doutes ne sauraient tenir devant ce fait, que, dans bon nombre de cas (*Phytelephas*, *Pinus*, *Vitis*, *Althæa*), cette membrane forme seule les valves de l'anthère.

» En opposition à ce cas, dans lequel le rôle actif de la membrane fibreuse s'impose, je présenterai celui où, par suite d'une organisation spéciale des cellules, devenues scléreuses, la deuxième membrane paraît être un obstacle à la déhiscence (*Cassia*, à déhiscence poricide; *Zamia*, à fente plutôt entr'ouverte qu'ouverte).

» L'étude histologique de la membrane fibreuse conduit d'ailleurs, comme les données de l'anatomie générale, à attribuer à cette membrane un rôle actif dans la déhiscence. Dans le cas le plus commun, les cellules à filets, plus longues que larges, étendent leur ellipse dans une direction perpendiculaire à la ligne de déhiscence, disposition la plus favorable à une traction, sur la ligne suturale, toujours amincie, des valves solidement ap-

puyées au connectif par une base élargie ou renforcée. Les cellules à griffes, avec une disposition des filets très-différente de celle qui existe dans les cellules spiralées, ne semblent pas moins bien organisées pour que la somme de leurs effets produise la rupture des valves; c'est aux cellules fibreuses à griffes que devrait être rapportée la déhiscence de l'anthère des *Malaxis, Leucoïum*, *Thesium*, *Daphne*, *Polygala*, *Drosera*, *Pyrus*, *Scabiosa*, *Valeriana*, *Stylidium*, *Phlox*, *Pulmonaria*, *Nerium*, *Gentiana*, etc.

» Les cellules fibreuses peuvent agir dans le même sens que les utricules de la membrane externe; mais, que le jeu de ces cellules vienne à s'opposer à celui de ces dernières, sollicitant les valves à se renverser en sens contraire, l'incurvation de celles-ci ou leur renversement correspondra à la résultante des efforts, et il pourra se présenter ce cas rare, qu'on observe dans le *Rosa*, où, l'action des deux membranes se faisant équilibre, les valves restent parfaitement droites et parallèles.

» M. Duchartre a très-justement comparé au thermomètre de Bréguet, formé de deux métaux inégalement dilatables, les valves de l'anthère que composeraient deux membranes inégalement extensibles.

» Je suis d'ailleurs conduit à admettre, entre l'action de la membrane externe et celle de la membrane fibreuse, cette différence que, dans la première, non désorganisée, l'action serait plus ou moins vitale, tandis que dans la seconde, réduite à des filets hygroscopiques, elle serait purement physique. L'Académie se rappelle peut-être que j'ai expliqué l'enroulement du *Vallisneria* par le développement inégal des deux faisceaux fibrovasculaires, dont l'un axile et l'autre latéral, qui forment la charpente de son pédicelle.

» Si, d'ailleurs, la mise en jeu, par leurs qualités hygroscopiques, des cellules fibreuses de l'anthère pouvait laisser des doutes, que je comprends tout le premier, malgré les observations faites sur les cellules histologiquement analogues des *Equisetum*, des Hépatiques, des Sphaignes et des racines de beaucoup d'Orchidées épidendres, les expériences suivantes sont de nature à inspirer toute certitude.

» Afin de dégager les résultats de toute cause perturbatrice, j'ai fait choix, pour la mise en expérience, d'anthères à valves constituées uniquement par des cellules fibreuses : telles sont les anthères de la Vigne (*Vitis*), de la Guimauve (*Althæa*), du Cytinet (*Cytinus*).

» Que l'on prenne les anthères de ces plantes, ou mieux leurs fleurs, à un moment très-rapproché de celui de la déhiscence des anthères, et qu'on en fasse deux lots, dont l'un restera exposé à l'air, tandis que l'autre sera

plongé dans l'eau, et l'on verra bientôt les anthères du premier lot s'ouvrir, tandis que celles du second lot se maintiendront closes.

» Que, d'autre part, on détache de ces plantes des anthères venant de s'ouvrir (les résultats sont moins accusés avec des anthères ouvertes depuis longtemps), et qu'on les place dans l'eau; voici ce qu'on observera. Les valves de l'anthère du *Vitis*, qui s'étaient infléchies et comme enroulées, se redresseront; celles du *Cytinus*, qui étaient redressées, se courberont en dedans, et enfin celles de l'*Althæa*, qui s'étaient éloignées de la cloison persistante, tendront à se rapprocher de celle-ci comme pour s'y appuyer de nouveau.

» Concluons donc que, si la membrane fibreuse ne peut plus être regardée comme déterminant seule la déhiscence des anthères; que s'il est hors de doute qu'elle y est étrangère dans les cas nombreux où elle manque; que si même elle est quelquefois, par sa structure pierreuse, un obstacle à cette déhiscence, elle a dans celle-ci un rôle probable chez la généralité des plantes; un rôle certain, exclusif, chez les espèces où elle est seule à constituer les valves des anthères. »

ZOOLOGIE HISTORIQUE. — *Sur la domestication de quelques espèces d'antilopes au temps de l'ancien Empire égyptien; par* M. Fr. Lenormant.

« Les tombeaux égyptiens de toutes les époques nous offrent la figure d'un grand nombre d'espèces d'antilopes. C'est surtout dans les scènes de chasse que les artistes ont représenté la variété de ces espèces qui pullulaient dans les déserts autour de l'Égypte. On peut y relever la liste d'une quinzaine au moins d'antilopes différentes, et toujours parfaitement caractérisées, tantôt percées par les flèches du chasseur, tantôt poursuivies par les grands lévriers que l'on employait à cette vénerie, tantôt enfin ramenées vivantes par les valets de chasse.

» Mais à côté de ces nombreuses espèces que tout indique comme étant à l'état purement sauvage, il en est trois qui figurent d'une tout autre manière, et presque constamment, dans les sculptures des tombes de l'Ancien-Empire, particulièrement de la IVe et de la Ve dynastie. Ce sont l'algazelle (*Antilope leucoryx*, Pall. Licht.), appelée en égyptien *mout;* la gazelle (*Antilope dorcas*, Pall.), appelée *kehes*, et le defassa (*Antilope ellipsiprymna*, Gray), appelé *noutou*. L'étude des représentations où l'on voit ces espèces ne permet pas de douter que les Égyptiens de l'Ancien-Empire ne les eussent réduites à l'état domestique pour en faire des animaux de boucherie.

» Dans presque toutes les tombes, en effet, elles figurent en compagnie du bœuf, du mouton et de la chèvre parmi les animaux domestiques que les pâtres amènent pour la provision de la maison du défunt. D'autres fois elles sont représentées, toujours à côté du bœuf, du mouton et de la chèvre, comme formant des troupeaux, que comptent et enregistrent les scribes chargés de la comptabilité du bétail. Ces troupeaux étaient souvent très-nombreux, et les chiffres inscrits dans quelques sépultures montrent le développement qu'avait pris l'élève des antilopes à l'état domestique. Le tombeau encore inédit de *Sabou*, découvert à Saqqarah, par M. Mariette et exécuté au commencement de la VIe dynastie, énumère comme se trouvant sur les propriétés du mort quatre cent cinq bœufs d'une race dont la représentation est assez rare, mille deux cent trente-cinq bœufs et mille deux cent vingt veaux de la race bovine à longues cornes qu'on voit habituellement sur les monuments de l'Ancien-Empire, mille trois cent soixante bœufs et mille cent trente-huit veaux de l'espèce à cornes courtes figurée aussi fréquemment sur les monuments du même âge, mille trois cent huit algazelles, mille cent trente-cinq gazelles et mille deux cent quarante-quatre defassas.

» Aux trois espèces que je viens de nommer est joint très-habituellement sur les monuments, et dans les mêmes conditions, le bouquetin bedden (*Capra sinaïtica*, Hempr. et Ehrenb.), si fréquent encore aujourd'hui dans les montagnes entre le Nil et la mer Rouge, à la hauteur de l'Égypte moyenne, et dans le massif du Sinaï. Les Égyptiens de l'Ancien-Empire en avaient aussi de nombreux troupeaux à l'état domestique; ils l'appelaient *naá*. Une seule fois, dans le tombeau de *Ma-néfer*, à Saqqarah, lequel date de la Ve dynastie, un bas-relief (Lepsius, *Denkmæler*, abth. II, bl. 69 et 70) nous montre les pâtres amenant aux scribes, qui les enregistrent avec les algazelles, les gazelles, les defassas et les beddens, une quatrième espèce d'antilope, qu'à ses cornes en lyre on reconnaît pour la *Damalis senegalensis*, H. Smith. Cette espèce s'étend encore aujourd'hui jusqu'au Sennâr; les anciens Égyptiens l'appelaient *schekes*. On la retrouve plusieurs fois figurée dans les scènes de chasse, mais aucun autre monument ne la montre élevée dans les troupeaux.

» Les algazelles, les gazelles et les defassas, élevés en troupeaux sur les propriétés des riches Égyptiens de l'Ancien-Empire et menés aux champs par des pasteurs, tout comme les bœufs, les moutons et les chèvres, étaient alors dans un état de domestication complet. Ils se reproduisaient dans cet état. Nous en avons la preuve par le curieux bas-relief du tombeau de *Noub-hotep*,

à Gizeh (IVe dynastie), où l'on voit au milieu du troupeau une gazelle allaitant son petit (Lepsius, *Denkmæler*, abth. II, bl. 12), et par le grand nombre de monuments où les pâtres apportent dans leurs bras ou sur leurs épaules des faons d'antilopes, comme de petits veaux, des chevreaux et des agneaux.

» Un bas-relief du tombeau de *I-t'éfa*, à Saqqarah (V^e dynastie) représente, ainsi qu'il est facile de le reconnaître et que l'explique une inscription placée à côté, l'engraissement de l'algazelle, du defassa et du bœuf, au moyen d'une pâtée qu'un valet de ferme introduit à la main dans la bouche de l'animal.

» Dans les tombeaux du Moyen-Empire nous ne trouvons déjà plus trace de l'élève de la gazelle et du defassa à l'état domestique. Ces espèces ne figurent plus dès lors que comme gibier. Mais l'algazelle est encore élevée très-habituellement. Les célèbres tombeaux de Beni-Hassan-el-Qadim (XIIe dynastie) nous montrent les troupeaux de cette antilope conduits par leurs bergers à côté des troupeaux de bœufs, de moutons et de chèvres (Lepsius, *Denkmæler*, abth. II, bl. 129). Dans celui de *Noum-hotep*, le plus beau de tous, l'artiste a encore reproduit la scène de l'engraissement des algazelles avec la pâtée donnée à la main, en même temps que celles de l'engraissement du bœuf, de la chèvre et de l'oie d'Égypte par les mêmes procédés (Lepsius, *Denkmæler*, abth. II, bl. 132). Les traditions de l'Ancien-Empire se maintenaient, au moins pour cette espèce.

» Par contre, les peintures des tombeaux de Gournah, qui nous font connaître tous les animaux domestiques de l'Égypte pendant la période historique du Nouvel-Empire, après l'invasion des Pasteurs et l'avénement de la XVIIIe dynastie, ne font jamais figurer dans ce nombre aucune antilope. Toutes, même l'algazelle, sont représentées alors comme des espèces exclusivement sauvages. On avait alors complétement cessé d'en élever, et le secret de leur domestication s'était perdu dans l'interruption violente de la civilisation égyptienne, produite par l'invasion des barbares venus de l'Asie, invasion qui avait, du reste, apporté en Égypte la connaissance de nouvelles espèces, ignorées de l'Ancien-Empire, comme le cheval et le porc.

» Ainsi les Égyptiens des dynasties primitives étaient parvenus à réduire à l'état domestique trois espèces d'antilopes et un bouquetin, tous quatre originaires des contrées qui entouraient immédiatement leur vallée et qu'on ne trouve avoir été domestiqués par aucun autre peuple. Ces animaux formaient des troupeaux très-nombreux sur les domaines des grands proprié-

taires au temps de la IVe, de la Ve et de la VIe dynastie, de 4000 à 3500 ans environ avant notre ère. Sous le Moyen-Empire, vers 3000 ans avant Jésus-Christ, les monuments ne nous offrent plus qu'une seule de ces espèces conservée en domesticité; c'était sans doute celle qui s'y était le mieux prêtée. Mais plus tard, dans la longue et terrible crise que marque l'invasion des Pasteurs, cette dernière espèce disparaît de la faune domestique, et l'élève des antilopes cesse absolument sous le Nouvel-Empire, lequel commence environ 1800 ans avant notre ère.

» Les faits de ce genre méritent d'être soigneusement notés. Je pourrai, un peu plus tard, en signaler quelques autres. Ce sont ces faits qui donnent une physionomie si profondément originale à la faune domestique de l'Égypte dans la période reculée de l'Ancien-Empire. »

M. **Allegret** adresse une Note portant pour titre « Suite de mes remarques sur la représentation géométrique de la fonction elliptique de première espèce à module arbitraire, d'où il résulte qu'un cône à base épicycloïde plane quelconque coupe une sphère menée, par le sommet du cône, suivant une courbe dont l'arc peut servir à exprimer cette fonction d'une infinité de manières différentes ».

Cette Note sera soumise, ainsi que la précédente, à l'examen de M. Hermite.

M. **Marie** adresse une Note relative à la théorie des carrés magiques.

Cette Note sera soumise à l'examen de M. Serret.

M. **Jakson Davis** adresse une Lettre, écrite en anglais, concernant la formation de la glace; et transmet, en outre, une Communication qui lui est adressée par l'un de ses correspondants, sur un cas singulier de catalepsie.

Cette dernière Communication sera soumise à l'examen de la Section de Médecine.

M. **Baudin** demande et obtient l'autorisation de retirer du Secrétariat un instrument qui a été déposé par lui, et auquel il donne le nom de *thermodilatomètre*.

A 5 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Minéralogie, par l'organe de son doyen, **M. Delafosse**, présente la liste suivante de Candidats à la place de Correspondant, vacante par suite du décès de *M. Fournet* :

En première ligne : **M. W.-H. Miller**, à Cambridge (Angleterre).

En seconde ligne, et par ordre alphabétique.....

- **M. Abich**, à Tiflis (Géorgie).
- **M. Gustave Bischof**, à Bonn.
- **M. Ami Boué**, à Vienne.
- **M. Dana**, à Newhaven (États-Unis).
- **M. de Dechen**, à Bonn.
- **M. Domeyko**, à Santiago (Chili).
- **M. James Hall**, à Albany (États-Unis).
- **M. de Hauer**, à Vienne.
- **M. de Helmersen**, à Saint-Pétersbourg.
- **M. Charles-T. Jackson**, à Boston (États-Unis).
- **M. Kjerulf**, à Christiania.
- **M. de Kokscharow**, à Saint-Pétersbourg.
- **M. William Logan**, à Montréal (Canada).
- **M. Ferdinand Römer**, à Breslau.
- **M. Scacchi**, à Naples.
- **M. Angelo Sismonda**, à Turin.
- **M. Studer**, à Berne.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 5 heures trois quarts. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu, dans la séance du 14 février 1870, les ouvrages dont les titres suivent :

La lithotritie et la taille. Guide pratique pour le traitement de la pierre; par M. le Dr J. Civiale, Membre de l'Institut et de l'Académie de Médecine. Paris, 1870; 1 vol. in-8° avec figures.

Traité de Calcul différentiel et de Calcul intégral. Calcul intégral : intégrales définies et indéfinies; par M. J. BERTRAND, Membre de l'Institut; t. II. Paris, 1870; 1 vol. in-4°.

Précis analytique des travaux de l'Académie impériale des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Rouen pendant l'année 1868-1869. Rouen, 1869; 1 vol. in-8°.

Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique. Classe des Sciences. Programme de concours pour 1871. Bruxelles, 1870; 2 pages in-4°.

Réponse à quelques-unes des observations de M. Balbiani sur l'œuf des Sacculines; par M. E. VAN BENEDEN. Paris, 1870; opuscule in-4°.

Esquisse historique de la théorie dynamique de la chaleur; par M. Peter-Guthrie TAIT, *traduite par* M. l'abbé MOIGNO *et* M. A. LE CYRE. Paris, 1870; in-12. (Présenté par M. Combes.)

Hygiène des animaux domestiques; par M. A. SANSON. Paris, 1870; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Bouley.)

Flore fourragère de la France, reproduite par la méthode de compression dite phytoxygraphique; *par* M. Edme ANSBERQUE. Lyon, 1866; 1 vol. in-folio cartonné. (Présenté par M. Bouley.)

Traité clinique des maladies de la poitrine; par M. Walter-H. WALSHE, *traduit sur la troisième édition et annoté par* M. J.-B. FONSSAGRIVES. Paris, 1869; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Longet.)

Nouvelles études sur les raisins, leurs produits et la vinification; par M. L.-R. LE CANU. Paris, 1870; br. in-8°. (Présenté par M. Wurtz.)

De l'utilité de l'histoire de la Médecine. Discours prononcé à la séance solennelle d'ouverture de l'Ecole médico-chirurgicale de Lisbonne, le 5 *octobre* 1869; *par* M. P.-F. DA COSTA ALVARENGA; *traduit du portugais par* M. VAN DEN CORPUT. Anvers, 1869; br. in-8°. (2 exemplaires.)

Deux observations de botanique cynégétique; par M. A. LAGRÈZE-FOSSAT. Moissac, 1869; br. in-8°. (Extrait du *Recueil de la Société des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Tarn-et-Garonne.*)

Notes sur quelques oiseaux considérés comme nouveaux, provenant du voyage de M. l'abbé Armand David; par M. J. VERREAUX. Paris, sans date; 4 pages in-4°. (Extrait des *Archives du Muséum.*)

Carte géologique-agronomique du département de la Haute-Vienne, publiée en vertu de l'autorisation du Conseil général sous l'administration de M. A.

Demanche, Préfet, dressée par M. MALLARD, *d'après la carte topographique levée par les officiers d'État-Major.* Paris, 1869; en 4 feuilles.

Bullettino... *Bulletin de Bibliographie et d'Histoire des Sciences mathématiques et physiques, publié par* M. B. BONCOMPAGNI, t. II, août 1869. Rome, 1869; in-4°. (Présenté par M. Chasles.)

Note par M. J. COFFIN. Arras, sans lieu ni date; 1 page in-8°.

Vierteljahrsschrift... *Quatorzième Mémoire de la Société astronomique, publié sous les auspices de* M. le professeur BRUHNS, IVe année, 4e livraison, octobre 1869. Leipzig, 1869; br. in-8°.

Tafeln... *Tables de réduction des observations d'étoiles fixes de* 1726 *à* 1750, 2e *supplément au* 14e *Mémoire de la Société astronomique.* Leipzig, 1869; br. in-8°.

1869. *Programme de la Société batave de philosophie expérimentale de Rotterdam.* Sans lieu ni date; br. in-8°.

Gedachtenisviering... *Revue rétrospective de l'état de la Société batave de Rotterdam durant les cent années écoulées de* 1769 *à* 1869. Rotterdam, 1869; *et sanitaire,* in-4°.

The food journal... *Journal de l'alimentation, revue d'économie sociale* 1re année, n° 1. Londres, 1870; in-8°.

Studii... *Études sur l'industrie des céréales en Sicile et sur la population qui s'y livre; par* M. G. CARUSO. Palerme, 1870; in-8°.

Trattato... *Traité de viticulture et de vinification, ou le présent et l'avenir de l'œnologie; par* M. G. CARUSO. Palerme, 1869; in-8°.

L'Académie a reçu, dans la séance du 21 février 1870, les ouvrages dont les titres suivent :

Conservatoire impérial des Arts et Métiers. Catalogue des collections, publié par ordre de M. le Ministre de l'Agriculture et du Commerce; par M. A. MORIN, Membre de l'Institut, 5e édition. Paris, 1870; in-12.

Rapport présenté à S. Exc. M. le Ministre de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux publics, par l'Académie impériale de Médecine, sur les vaccinations pratiquées en France pendant l'année 1867. Paris, 1870; in-8°. (Six exemplaires.)

Bulletin de la Société industrielle de Reims, t. VII, n° 34, septembre-octobre 1869. Reims et Paris, 1869; in-8°.

Constitution de la matière et ses mouvements, nature et cause de la pesanteur; par le P. LERAY, *avec une Préface par* M. l'abbé MOIGNO. Paris, 1869; in-12. (Présenté par M. Faye.)

L'arachide, son fruit, l'huile et le tourteau qu'on en retire; par M. B. CORENWINDER. Lille, 1869; br. in-8°. (Extrait des *Archives du Comice agricole de l'arrondissement de Lille*.)

Note sur le calcul infinitésimal; par M. MÉHAY. Paris, 1870; opuscule grand in-8°. (Extrait du *Moniteur scientifique Quesneville*.)

Institut des provinces de France. Congrès scientifique de France. Ouverture le 1er août 1870, 37e session, à Moulins. Moulins, 1870; in-4°.

ERRATA.

(Séance du 7 février 1870.)

Page 232, ligne 16, *au lieu de* $N_2 = \frac{d^2\psi}{dx^2}$, *lisez* $N_2 = \Pi y + \frac{d^2\psi}{dx^2}$.

Page 233, ligne 14, *au lieu de* $\varepsilon_1 = \omega$, *lisez* $\varepsilon_1 = -\omega$ et $\varepsilon_1 = -\frac{\pi}{2} + \omega$.

(Séance du 14 février 1870.)

Page 283, lignes 2 et 3, en remontant, *au lieu de* $\cot(\varphi + \varepsilon_1)$, *lisez* $\cot(\varphi' + \varepsilon_1)$.

Page 330, ligne 6, *au lieu de* M. Mannhein, *lisez* M. Mannheim.

Page 342, ligne 24, *au lieu de* M. LERIQUE DE MOUCHY, *lisez* M. LERICQUE DE MONCHY.